



TUGAS AKHIR - SF 141501

**IDENTIFIKASI SISTEM EPITERMAL SULFIDA TINGGI
BERDASARKAN DATA MAGNETIK DAN *VARIATIONAL
MODE DECOMPOSITION***

**Nurul Azizah
NRP 1113100017**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono M. Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR – SF 141501

**IDENTIFIKASI SISTEM EPITERMAL SULFIDA TINGGI
BERDASARKAN DATA MAGNETIK DAN *VARIATIONAL
MODE DECOMPOSITION***

**NURUL AZIZAH
NRP 1113100017**

**Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – SF 141501

**IDENTIFICATION OF HIGH SULFIDATION
EPITHERMAL SYSTEM BASED ON MAGNETIC DATA
AND VARIATIONAL MODE DECOMPOSITION**

**NURUL AZIZAH
1113100017**

**Advisor Lecturer
Dr. Sungkono, M.Si**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

**IDENTIFIKASI SISTEM EPITERMAL SULFIDA TINGGI
BERDASARKAN DATA MAGNETIK DAN *VARIATIONAL
MODE DECOMPOSITION***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains pada :
Program Sarjana Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

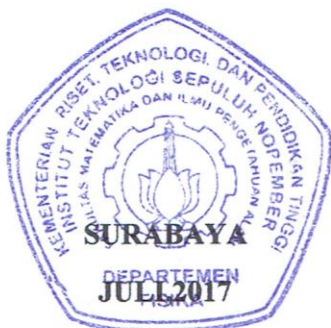
NURUL AZIZAH
NRP 1113 100 017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



1. Dr. Sungkono., M.Si
NIP. 19850702 201404.1.002

..... (Pembimbing 1)



IDENTIFIKASI SISTEM EPITERMAL SULFIDA TINGGI BERDASARKAN DATA MAGNETIK DAN *VARIATIONAL MODE DECOMPOSITION*

Nama : Nurul Azizah
NRP : 1113 100 017
Departemen : Fisika ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Sungkono., M.Si

Abstrak

Endapan hasil alterasi hidrotermal berupa sistem epitermal sulfidasi tinggi merupakan salah satu sistem yang dapat menghasilkan endapan mineral emas. Sifat kemagnetan emas dapat dimanfaatkan sebagai dasar pendugaan awal mineral emas menggunakan metode magnetik. Penelitian ini untuk memisahkan anomali lokal dan regional yang akurat melalui analisa 2D-VMD. Hasil ini dibandingkan dengan kontinuitas keatas, yang menunjukkan bahwa 2D-VMD dapat digunakan untuk pemisahan anomali lokal dan regional secara akurat. Selain itu hasil pemisahan anomali lokal regional dengan metode Upward Continuation bergantung pada ketinggian yang digunakan, sedangkan pada metode 2D-VMD bergantung pada pemilihan mode dan asumsi penggunaan besar nilai alpha (α) yang digunakan. Semakin kecil Sehingga masing-masing metode untuk pemisahan anomali lokal regional ini memiliki kelebihan maupun kekurangan. Selanjutnya anomali lokal di reduksi ke kutub untuk menunjukkan bahwa daerah lokasi yang di duga sebagai zona mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi dicirikan dengan pola anomalnya yaitu anomali tinggi yang lokal dikelilingi anomali rendah.

Kata Kunci: Anomali lokal-regional, metode 2D-VMD, metode upward continuation, RTP, sulfidasi tinggi

IDENTIFICATION OF HIGH SULFIDATION EPITHERMAL SYSTEM BASED ON MAGNETIC DATA AND VARIATIONAL MODE DECOMPOSITION

Name : Nurul Azizah
NRP : 1113 100 017
Departement : Physics ITS
Advisor Lecturer : Dr. Sungkono., M.Si

Abstract

The precipitate generated from hydrothermal alteration which results in a high sulphidation epithermal system is one of the systems that can produce gold mineral deposits. The properties of gold magnetism can be utilized as the basis for early estimation of gold minerals using magnetic methods. This research is to separate accurate local and regional anomalies through 2D-VMD analysis. This result is compared with the upward continuity, which indicates that 2D-VMD can be used for accurate local and regional anomaly separation. In addition, the result of the local regional anomaly separation by Upward Continuation method depends on the height used, whereas the 2D-VMD method depends on the selection of modes and assumptions of the large use of alpha (α) values. The smaller it is so that each method for the separation of local regional anomalies has both advantages and disadvantages. Furthermore, local anomalies are reduced to the poles to show that the area of the suspected zone of high epithermal sulphidation mineralization is characterized by an anomalous pattern of local anomalies surrounded by low anomalies.

Key Words: *Local-Regional Anomalies, 2D-VMD methods, upward continuation methods, RTP, high sulphidation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kemudahan serta melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Identifikasi Sistem Epitermal Sulfida Tinggi Berdasarkan Data Magnetik dan *Variational Mode Decomposition*”**. Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis memberikan Ucapan terimakasih terutama kepada:

1. Bapak Dr. Sungkono, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan naskah tugas akhir ini
2. Bachtera Indarto, M.Si selaku Dosen Wali atas pengarahan dan dukungan yang telah diberikan selama ini
3. Prof. Dr. rer. nat. Bagus Jaya Santosa, S.U dan Ibu Yanurita Dwi Hapsari, M.Sc selaku dosen penguji Tugas Akhir ini
4. Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng. selaku Kepala Departemen Fisika FMIPA ITS atas fasilitas dan pengarahan yang diberikan selama ini
5. PT. ANTAM (Persero) Tbk Unit Geomin, atas izin yang diberikan kepada penulis untuk menggunakan data sebagai bahan penelitian
6. Seluruh staf pengajar di Jurusan Fisika FMIPA ITS
7. Hartono Junianto, ayah saya serta keluarga yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa untuk penulis sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Annisa Rachmi, wanita tangguh dengan segudang ilmu dari Yogyakarta, alumni Geofisika UGM. Terimakasih atas segala ilmu yang sudah dibagi sehingga memudahkan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini

9. Perempuan tangguh “SS Single” Diajeng, Fairus, Shafiri, Fannisa, Befie, Ira, Anisah, Wilda. Yang selalu memberikan dukungan, semangat, berbagi keceriaan kepada penulis
 10. Tim TA magnetik, shafitri, shona arum, devi, terimakasih atas sharing ilmu, dan kebersamaan dalam segala suka duka dalam pengolahan data maupun penulisan laporan Tugas Akhir
 11. 2007’s Squad, Sisi, Rudi, Farid, Sori. Terimakasih selalu menghibur penulis dikala lelah menghampiri
 12. Tempat berkeluh kesah hampir 4 tahun ini, Fertilita dan Artika. Terimakasih untuk semangatnya, kebersamaannya, dan telah sabar menghadapi penulis
 13. Teman-teman seperjuangan bidang minat Fisika Bumi 2013
 14. Seluruh penghuni Lab Geofisika, terimakasih atas fasilitas dan sharing ilmunya
 15. Teman – teman SUPERNOVA 2013 yang senantiasa memberikan dukungan
 16. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu
- Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca dalam upaya menambah wawasan tentang ilmu Fisika Bumi.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis
Nurul Azizah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
Abstrak	v
Abstract	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Alterasi Hidrotermal.....	5
2.2 Endapan Hidrotermal	5
2.3 Endapan Sistem Epitermal	6
2.4 Teori Medan Magnet.....	8
2.4.1 Gaya Magnetik	8
2.4.2 Momen Magnetik	9
2.4.3 Magnetisasi.....	9

2.4.5 Kuat Medan Magnet	10
2.4.6 Suseptibilitas Magnetik	10
2.4.7 Induksi Magnetik.....	11
2.4.8 Medan Magnet Bumi.....	12
2.4.9 Komponen Medan Magnet Bumi	14
2.6 Transformasi Medan Magnetik	17
2.6.1 Kontinuasi ke Atas	17
2.6.2 Reduksi ke Kutub (<i>Reduce to Magnetic Pole</i>)	18
2.7 Geologi Regional.....	20
2.7.1 Alterasi dan Mineralisasi Daerah Prospek Emas Cijulang	23
2.8 Metode 2D-VMD (Two Dimension – Variational Mode Decomposition)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Metodologi Penelitian	29
1. Koreksi Variasi Harian.....	30
2. Koreksi IGRF.	30
3. Pembuatan Peta Anomali Magnet Total.....	31
4. Analisis 2D-VMD.	31
5. Analisis Kontinuitas ke Atas.	31
6. Anomali Lokal dan Regional.	32
7. Reduksi Ke Kutub.	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Hasil Pengolahan Data Magnetik	35
4.1.1 Anomali Medan Magnet Total	35

4.1.2 Pemisahan Anomali Lokal dan Anomali Regional Hasil Kontinuitas ke Atas.....	36
4.1.3 Hasil Analisis Metode 2D-VMD.....	39
4.1.4 Anomali Magnet Hasil Reduksi ke Kutub.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
BIODATA PENULIS.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar2. 1 Tipe endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi.....	7
Gambar2. 2 Dua loop arus listrik I_a dan I_b yang berjarak r	8
Gambar2. 3 a) Arah momen magnetik bahan non magnetik. b) Arah momen magnetik bahan mengandung magnet	9
Gambar2. 4 Elemen magnetik bumi	15
Gambar2. 5 Anomali magnetik dan hasil reduksi ke kutub	19
Gambar2. 6 Peta geologi daerah Cijulang, Garut, Jawa Barat (Dimodifikasi dari Peta geologi lembar sindangbarang dan Bandarwaru).....	22
Gambar2. 7 Lokasi daerah prospek emas Cijulang	24
Gambar2. 8 Peta hasil interpretasi berdasarkan data geologi dan pemboran daerah Cijulang.....	25
Gambar2. 9 Profil alterais dan mineralisasi Cijulang pada sayatan A-B	25
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 4. 1 Anomali Magnet Total.....	36
Gambar 4. 2 Anomali Regional.....	37
Gambar 4. 3 Anomali Lokal.....	39
Gambar 4. 4 Mode 1.....	40
Gambar 4. 5 Gabungan Mode 2-Mode 5.....	41
Gambar 4. 6 Hasil Penjumlahan Mode 2-Mode 5.....	42
Gambar 4. 7 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^{-5}$	44
Gambar 4. 8 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^{-6}$	45
Gambar 4. 9 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^{-7}$	46
Gambar 4. 10 Anomali magnet hasil RTP.....	50

Gambar 4. 11 Hasil overlay dengan peta geologi dan zona yang
diduga terdapat tubuh intrusi pengontrol
mineralisasi51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah luas dan memiliki sumber daya alam yang melimpah, salah satunya adalah mineral emas. Emas merupakan salah satu logam mulia yang memiliki nilai komoditas tinggi dan sangat diminati dikalangan masyarakat. Sebagian besar endapan emas ini terakumulasi pada daerah busur magmatik. Sifat kemagnetan mineral emas berbeda dengan mineral logam lainnya. Hal ini diakibatkan pada saat proses pembentukannya, emas mengalami alterasi yaitu hilangnya sifat kemagnetan batuan pada saat naiknya larutan *hydrothermal*. Endapan hasil alterasi hidrotermal berupa sistem epitermal sulfida tinggi merupakan salah satu sistem yang dapat menghasilkan endapan mineral emas. Mineral sulfida pada umumnya terbentuk akibat naiknya larutan fluida hidrotermal ke permukaan melalui celah atau rekahan pada struktur batuan. Proses pengendapan mineral sulfida di dalam rongga dari struktur batuan menyebabkan keberadaan mineral ini tidak terkonsentrasi pada satu tempat, melainkan menyebar (*disseminated*) (Gunn and Dentith, 1997).

Pencarian keberadaan endapan mineral sulfida (penghasil mineral emas) sulit dilakukan. Beberapa metode telah dilakukan untuk pencarian mineral sulfida, yaitu metode konvensional dan metode geofisika. Metode konvensional yaitu penerapan ilmu geologi yang dikorelasikan dengan pengetahuan fisika akan memberikan informasi mengenai struktur dan komposisi batuan dibawah permukaan yang dapat digunakan untuk mengetahui lokasi endapan mineral emas atau lainnya. Persebaran endapan mineral sulfida dapat dipetakan keberadaannya sebagai dasar pendugaan awal

mineral emas didalam batuan bawah permukaan menggunakan survei geofisika. Salah satu metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode geomagnetik. Metode magnetik ini merupakan metode geofisika yang sangat baik dalam pemetaan keberadaan zona mineralisasi sulfida.

Melalui metode magnetik dapat diperoleh pola intensitas medan magnet pada suatu area. Metode magnetik juga dapat digunakan untuk pemetaan zona batuan yang mengalami alterasi. Pada proses pengolahan data magnetik biasanya digunakan software-software manual geofisika untuk mengetahui letak anomali, pemisahan anomali lokal dengan anomali regional dan lain sebagainya. Penelitian mengenai eksplorasi mineral emas sistem epitermal sulfida tinggi telah dilakukan dengan pengolahan data magnetik menggunakan beberapa software geofisika, yakni : *surfer* dan *magpick* untuk mendapatkan anomali lokal dan regional memakan waktu cukup lama karena analisisnya dilakukan secara coba – coba (*trial error*) (Purwanto and Verdiansyah, 2013). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan suatu metode yang berguna untuk mendekomposisi data magnetik menjadi beberapa mode. Yang dari beberapa mode ini dapat dipilih beberapa mode yang dapat mewakili anomali lokal dan anomali regional. Metode ini ialah *Two Dimension – Variational Mode Decomposition* (2D-VMD) (Dragomiretskiy and Zosso, 2015).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana cara menentukan anomali lokal dan anomali regional yang akurat melalui analisa 2D-VMD?

2. Bagaimana cara menentukan sistem epitermal sulfida tinggi dari hasil analisa 2D-VMD dan RTP?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ditekankan pada penggunaan metode magnetik dan metode 2D-VMD (*Two Dimensional – Variational Mode Decomposition*) untuk identifikasi mineral emas pada sistem epitermal sulfida tinggi di daerah X, Jawa Barat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan anomali lokal dan anomali regional yang akurat melalui analisa 2D-VMD
2. Mengetahui sistem epitermal sulfida tinggi dari hasil analisa 2D-VMD dan RTP

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang berjudul “Identifikasi Cadangan Mineral Sulfida Tinggi pada Daerah Prospek Mineralisasi, Jawa Barat Berdasarkan data Magnetik dengan Menggunakan Metode 2D-VMD (*Two Dimensional – Variational Mode Decomposition*)” ini yaitu:

1. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diketahui sistem epitermal pada daerah penelitian dan dapat menentukan lokasi titik eksplorasi mineral emas.
2. Mendapatkan anomali lokal dan anomali regional pada data magnetik yang lebih akurat.
3. Dapat mengetahui kelemahan dan kelebihan hasil analisa dari metode *Upward Continuation* maupun metode 2D-VMD sehingga dapat menjadi langkah untuk mengembangkan metode dekomposisi selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini meliputi:

- Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan laporan.
- Bab II Dasar Teori, memaparkan tentang teori sebagai landasan penyusunan tugas akhir.
- Bab III Metodologi, berisi tentang prosedur kerja yang digunakan dalam tugas akhir.
- Bab IV Analisa Data dan Pembahasan, merupakan suatu tahap pengolahan dan analisa yang didapatkan selama tugas akhir.
- Bab V Penutup, merupakan bagian penutup tugas akhir meliputi Kesimpulan dan Saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan suatu proses perubahan mineral pada batuan yang disebabkan oleh adanya perubahan suhu dan fluida. Perubahan ini tidak hanya melibatkan perubahan mineralogi, namun juga tekstur dan komposisi kimia batuan yang pori-pori atau rekahan-rekahnannya dilalui oleh larutan. Secara teori larutan hidrotermal merupakan fluida cair panas yang pada umumnya berasosiasi dengan proses magmatik, tetapi juga dapat berasal dari air meteoric, air *connate*, atau air yang mengandung mineral hasil dari proses metamorfisme dan terpanaskan di dalam perut bumi (Bateman dan Jensen, 1981). Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya atau biasanya disebut batuan dinding akan menyebabkan berubahnya mineral-mineral primer menjadi mineral ubahan atau mineral alterasi, maupun fluida itu sendiri (Pirajno and Smithies, 1992). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal adalah karakteristik dan komponen dari batuan dinding, komposisi larutan hidrotermal (Eh, pH), tekanan dan temperatur saat reaksi berlangsung, dan lama aktivitas hidrotermal

Meskipun faktor-faktor diatas saling berhubungan, namun temperatur dan karakter fluida kemungkinan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada alterasi hidrotermal. Mineral-mineral di dalam batuan yang terkenal fluida hidrotermal berubah menjadi mineral baru dengan menyesuaikan perubahan kondisi pH dan temperaturnya, dimana tidak begitu bergantung pada komposisi batuan dindingnya (Dewi Prihatini, 2012).

2.2 Endapan Hidrotermal

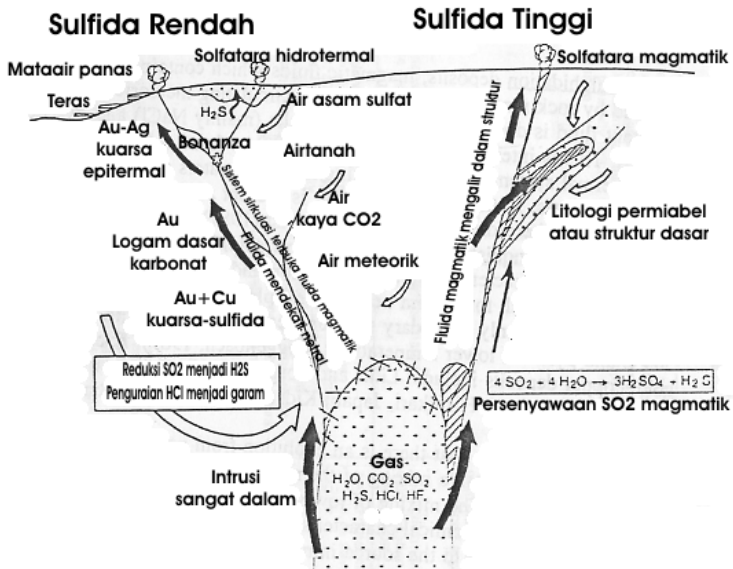
Selain alterasi atau ubahan yang terbentuk dalam sistem hidrotermal, menurut Lindgren (1993), endapan mineral sistem

hidrotermal dibagi menjadi 3 tipe endapan berbeda berdasarkan temperatur, tekanan, dan kondisi geologi. Tipe endapan tersebut adalah:

1. Endapan hipotermal yang terbentuk pada daerah dekat intrusi yaitu pada temperatur antara 500-600⁰ C dan memiliki tekanan yang sangat tinggi
2. Endapan mesotermal yang terbentuk pada jarak cukup jauh terhadap tubuh intrusi sekitar 4-12 kilometer pada temperatur antara 200-500 ⁰C dengan sumber panasnya berupa fluida panas yang bergerak naik dari lokasi intrusi menuju lokasi terbentuknya endapan ini, dan memiliki tekanan tinggi
3. Endapan epitermal merupakan endapan yang paling jauh dari tubuh intrusi. Endapan epitermal umumnya terbentuk pada batuan induk berupa batuan vulkanik. Endapan ini terbentuk pada temperatur antara 50-200 ⁰C dan memiliki tekanan sedang

2.3 Endapan Sistem Epitermal

Menurut Hedenquist dan White (1995) endapan epitermal dibedakan menjadi 2 yaitu endapan epitermal sulfida rendah (*low sulfidation*) dan sulfida tinggi (*high sulfidation*). Kedua sistem epitermal tersebut dibedakan berdasarkan mineralogi bijih, mineral ikutan dan juga jenis fluida hidrotermal yang berinteraksi dengan *host rock* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar2. 1 Tipe endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi

Endapan epitermal sulfida rendah merupakan sistem yang memiliki ciri-ciri didominasi oleh CO₂, NaCl, dan H₂S pada fluida hidrotermal. Sulfida terbentuk dalam suatu sistem hidrotermal yang didominasi oleh air klorit dengan pH mendekati netral. Kondisi tersebut merupakan akibat dari air meteorik yang berinteraksi ataupun dikarenakan interaksi antara air magmatik dengan batuan sampling. Mineral-mineral sulfida seperti sfareit, galena, kalkopirit, dan pirit terbentuk pada kondisi ini (White and Hedenquist, 1995). Sistem epitermal sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah berada pada kedalaman yang dangkal, atau dekat dengan permukaan.

Sedangkan pada sistem epitermal sulfida tinggi, sulfida terbentuk dalam sistem hidrotermal magmatik yang didominasi oleh fluida hidrotermal asam, yang dicirikan dengan terbentuknya

asosiasi mineral ubahan seperti pirofilit, alunit, serta mineral bijih berupa pirit, enargit, dan luzonit. Sistem ini didominasi oleh SO_2 yang menunjukkan kondisi oksidasi (White, 1991).

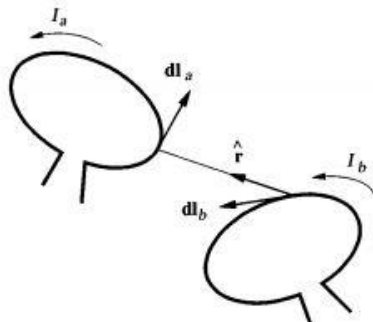
2.4 Teori Medan Magnet

2.4.1 Gaya Magnetik

Dasar dari metode magnetik yaitu gaya Coulomb (Telford et al., 1990), dimana seperti pada Persamaan (2.1) dibawah ini, dimana gaya Coulomb yaitu antara dua kutub magnetik m_1 dan m_2 yang berjarak r (cm),

$$\vec{F} = \frac{m_1 m_2}{\mu_0 r^2} \vec{r} \quad (2.1)$$

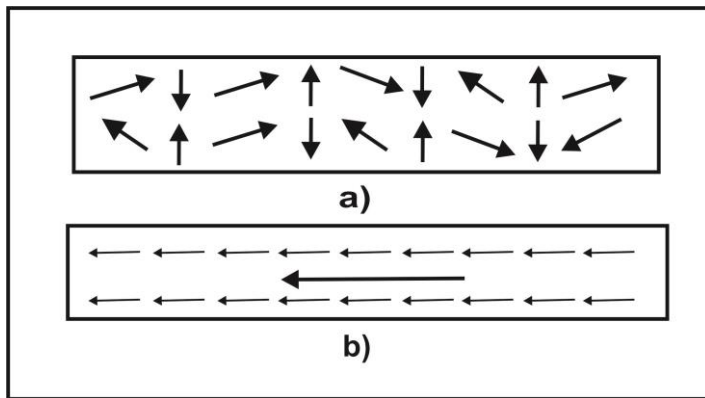
Dengan μ_0 merupakan permeabilitas medium dalam ruang hampa, tidak berdimensi yang besarnya dalam SI adalah $4\pi \times 10^{-7}$ newton/ampere². Pada Gambar (2.2) Apabila terdapat dua buah loop $d\vec{l}_a$ dan $d\vec{l}_b$ dan dialiri arus listrik dengan kuat arus I_a dan I_b , serta jarak keduanya adalah r , maka gaya yang bekerja pada elemen kecil $d\vec{l}_a$ dari loop a disebabkan oleh arus listrik pada elemen $d\vec{l}_b$ dari loop kedua, sehingga timbul gaya Lorentz.



Gambar2. 2 Dua loop arus listrik I_a dan I_b yang berjarak r

2.4.2 Momen Magnetik

Bahan nonmagnetik arah momen magnetiknya adalah acak, sehingga momen magnetik resultannya nol (Gambar 2.3). Sedangkan untuk bahan magnetik maka arah momen magnetiknya yaitu satu arah sehingga resultan momen magnetiknya tidak nol (Gambar 2.4). Satuan untuk momen magnetik adalah gauss.cm^3 atau emu dalam cgs, sedangkan ampere.meter^2 adalah satuan dalam SI.



Gambar2. 3 a) Arah momen magnetik bahan non magnetik. b) Arah momen magnetik bahan mengandung magnet

2.4.3 Magnetisasi

Benda yang diletakkan pada medan magnet luar yang disebabkan oleh induksi maka benda tersebut dapat termagnetisasi. Proses pemagnetan ini terjadi karena proses penyusunan kembali arah atom dan molekulnya hingga magnetiknya berada pada satu garis. Proses magnetisasi diukur sebagai polarisasi magnetik \vec{M} yang disebut juga intensitas magnetisasi atau momen dipole persatuan volume.

$$\vec{M} = \frac{m\hat{r}}{v} \quad (2.2)$$

Penyearahan dipole di dalam tubuh benda menghasilkan medan \vec{M} . Apabila \vec{M} konstan dan memiliki arah yang sama secara keseluruhan maka benda tersebut dapat dikatakan termagnetisasi secara seragam.

2.4.5 Kuat Medan Magnet

Kuat medan magnet (\vec{H}) merupakan gaya pada suatu kutub magnetik m_2 apabila diletakkan pada titik dalam medan magnetik dimana merupakan hasil dari kuat kutub m (Telford et al., 1990).

$$\vec{H} = \frac{F}{m_2} = \frac{m_1}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (2.3)$$

dengan r adalah jarak titik pengukuran dari m . diasumsikan $m' \ll m$, sehingga m tidak cukup besar untuk mengganggu medan \vec{H} pada titik pengukuran. \vec{H} memiliki satuan oersted atau 1 dyne/unit kutub.

2.4.6 Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik merupakan kemampuan suatu benda untuk dapat dimagnetisasi. Tingkat kemampuan suatu benda magnetik untuk termagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan atau k , yang dituliskan sebagai:

$$\vec{M} = k\vec{H} \quad (2.4)$$

Besaran k adalah parameter dasar yang digunakan dalam metode magnetik. Apabila pada suatu benda mengandung banyak mineral-mineral yang bersifat magnetik, maka nilai k pada benda

semakin besar. Nilai suseptibilitas magnetik dalam ruang hampa adalah nol karena hanya benda berwujud yang dapat termagnetisasi. Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik, bahan – bahan dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu bahan *ferromagnetic*, *paramagnetic*, dan *diamagnetic*. Masing-masing bahan tersebut dapat didefinisikan sebagaimana berikut ini:

- Diamagnetik merupakan jenis magnet yang memiliki nilai suseptibilitas negatif. Hal tersebut menunjukkan bahwa intensitas induksinya akan berlawanan arah dengan gaya magnet atau medan polarisasinya. Contoh bahan diamagnetik yaitu garam, anhidrat, kuarsa, marmer, dan lain lain.
- Paramagnetik merupakan jenis yang memiliki nilai suseptibilitas positif yang relatif kecil, karena jumlah elektron paramagnetik adalah ganjil sehingga momen magnet pada paramagnetik ini searah dengan medan polarisasi. Medan magnetiknya hanya akan ada apabila dimagnetisasi oleh medan magnet dari luar saja.
- Ferromagnetik memiliki nilai suseptibilitas positif dan relative besar. Bahan ferromagnetik dibedakan menjadi *Truly* ferromagnetik yaitu benda magnetik yang mempunyai orientasi atom-atom dalam material sama, ferrimagnetik yaitu benda magnetik yang memiliki orientasi atom-atom berlawanan arah dan anti ferrimagnetik yaitu benda magnetik yang mempunyai orientasi atom-atom terbagi menjadi dua dan berlawanan arah, sehingga momen magnetiknya mendekati nol.

2.4.7 Induksi Magnetik

Induksi magnetik merupakan kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Induksi

magnetik ini termasuk efek dari magnetisasi (Telford et al., 1990), yang dideskripsikan sebagai berikut:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \quad (2.5)$$

dengan \vec{H} dan \vec{M} berada pada arah yang sama. Satuan SI untuk \vec{B} adalah tesla = 1 Newton/ampere meter (N/A.m). Permeabilitas ruang hampa adalah $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ wb/A.m.

2.4.8 Medan Magnet Bumi

Menurut Blakely (1995), analisa harmonik dari medan magnetik bumi untuk mengamati sifat-sifatnya dilakukan pertama kali oleh Gauss pada tahun 1893. Analisa selanjutnya yang dilakukan oleh para ahli, masih mengacu pada analisa yang dibuat oleh Gauss yaitu:

1. Intensitas medan magnetik berasal dari dalam bumi
2. Medan yang teramati di permukaan bumi dapat didekati dengan persamaan yang berhubungan dengan potensial dwi kutub 11.5° terhadap sumbu geografi.

Komponen medan magnet yang berasal dari dalam medan bumi merupakan efek yang timbul karena sifat inti bumi yang cair, dimana memungkinkan adanya gerakan relative antar kulit bumi dengan inti bumi yang sering disebut dengan efek dinamo. Variasi medan magnet yang hanya beberapa persen dari nilai medan magnet bumi timbul dikarenakan aliran arus di ionosfer yang menghasilkan medan magnet. Dengan demikian, induksi arus listrik alam mengurangi komponen horizontal yang tergantung pada sifat kelistrikan kerak dan mantel bumi. Pada prinsipnya arus ionosfer berasal dari:

1. Fluktuasi hasian sinar matahari dan pasang surut bulan yang menyebabkan Bergeraknya elektron bebas.

2. Variasi transien yang berasal dari aktifitas matahari, aliran partikel terionisasi yang berasal dari emisi gas hidrogen dari matahari ditahan oleh medan magnet bumi, memperkuat alur lingkaran dinamo ionosfer dan akibatnya mengganggu medan magnet bumi.

Medan magnet bumi terdiri dari tiga bagian yaitu :

1. Medan utama (*main field*)

Medan magnet bumi berubah terhadap waktu sehingga untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, kemudian dibuat nilai yang disebut *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* yang diperbarui setiap 5 tahun sekali. Nilai IGRF ini didapatkan dari hasil pengukuran rata – rata pada daerah luasan sekitar satu juta km yang dilakukan dalam waktu satu tahunan. Medan magnet utama bumi berubah terhadap tempat dan waktu, oleh karena itu untuk menyeragamkan nilai-nilai medan magnet utama bumi dibuat standar nilai yang disebut *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* (Nugraha, 2015). Harga medan magnet utama ini ditentukan berdasarkan kesepakatan internasional di bawah pengawasan *International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA)*. Untuk Indonesia wilayah yang terletak di bagian utara equator mempunyai intensitas kurang lebih 40.000 nT sedangkan yang berada di bagian selatan equator kurang lebih 45.000 nT.

2. Medan luar (*external field*)

Medan luar ini merupakan medan transien yang sumbernya berasal dari luar bumi misalnya ionosfer dan magnetosfer. Beberapa peristiwa yang menyebabkan adanya medan luar ini adalah *drift* dari konduktivitas plasma dimana plasma ini merupakan bagian dari luar angkasa yang memiliki muatan positif dan negatif yang jumlahnya sama. Kemudian karena adanya absorpsi radiasi elektromagnetik matahari oleh

ionosfer dan perambatan gelombang radio di ionosfer. Biasanya sumbangan magnet luar ini terhadap medan magnet bumi hanya sekitar 1% dari total medan magnet bumi.

3. Medan magnet anomali

Anomali medan magnet total diperoleh dari setelah dilakukan beberapa tahanan koreksi. Koreksi yang dilakukan berupa pengurangan anomali tersebut dengan medan regional teoritis yang sesuai, dengan menggunakan model IGRF sesuai dengan lokasi dan waktu pengambilan data serta koreksi terhadap sumber-sumber dari luar bumi atau yang disebut variasi harian.

2.4.9 Komponen Medan Magnet Bumi

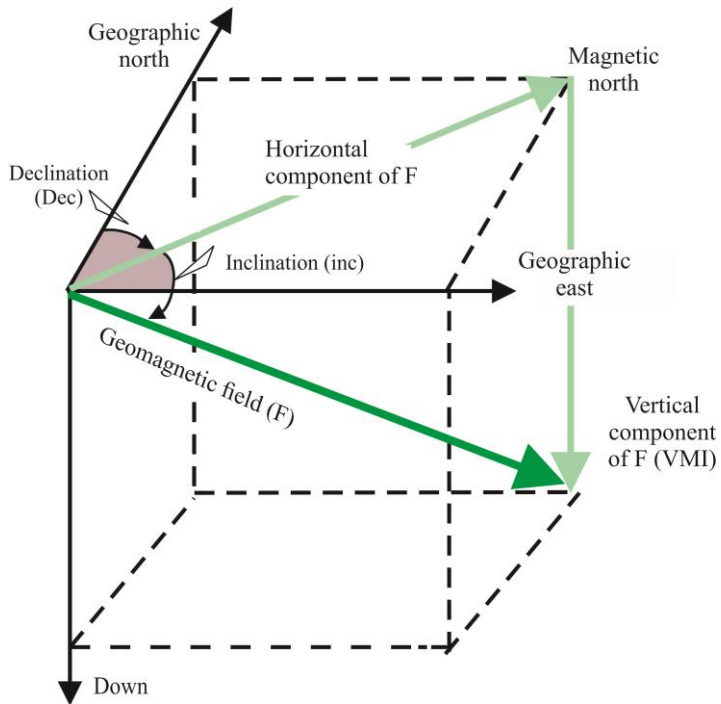
Medan magnet bumi yang diukur pada suatu titik di permukaan bumi merupakan medan magnet total. Komponen-komponen medan magnet bumi dapat dilihat pada Gambar 2.4. selain itu terdapat juga sudut inklinasi dan deklinasi yang besarnya mempengaruhi arah dari medan magnet total. Deklinasi (D) merupakan sudut antara arah utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur (geografis).

$$D = \arctan \frac{Y}{X} \quad (2.6)$$

Sedangkan inklinasi (I) merupakan sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.

$$I = \arctan \frac{Z}{H} \quad (2.7)$$

Komponen – komponen medan magnetik bumi mempunyai tiga arah utama yaitu elemen pada arah utara (H_x), elemen pada arah timur (H_y), dan elemen pada arah vertikal ke bawah (H_z).



Gambar2. 4 Elemen magnetik bumi

Sedangkan intensitas medan magnet pada bidang horizontal dinotasikan sebagai berikut:

$$H_H = \sqrt{\vec{H}_x^2 + \vec{H}_y^2} \quad (2.8)$$

2.5 Prinsip Pengolahan Data Magnetik

2.5.1 Koreksi Data Magnetik

Pada eksplorasi dengan metode magnetik, data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan merupakan data medan magnet total. Medan ini terdiri atas medan magnet utama, medan magnet luar, dan medan magnet anomali. Pada metode magnetik, data yang dicari merupakan data medan magnet anomali atau biasa disebut dengan anomali magnet total. Hal ini disebabkan anomali medan magnet total merupakan respon dari variasi batuan yang menyusun kerak bumi yang juga menjadi target dari suatu survei magnetik. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai anomali magnet total, medan magnet total perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkan pengaruh medan luar, yaitu dengan melakukan koreksi variasi harian dan pengaruh medan magnet utama bumi, yaitu dengan melakukan koreksi IGRF.

a. Koreksi Variasi Harian

Koreksi ini biasa disebut dengan koreksi diurnal adalah koreksi yang dilakukan pada data magnetik untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar. Untuk melakukan koreksi ini, diperlukan perekaman nilai medan magnet di satu titik yang tetap (*base station*), dan dilakukan minimal selama pengukuran medan magnet dari titik – titik pengukuran (*rover*) sedang berlangsung. Untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar, nilai medan magnet total yang diukur pada setiap titik pengukuran (*rover*) dikurangkan dengan nilai koreksi variasi harian yang diperoleh dari perekaman data di *base station*. Proses koreksi variasi harian dapat dituliskan sebagai berikut,

$$B_v = B_T - \Delta B_v \quad (2.9)$$

Dengan B_v adalah nilai medan magnet yang telah terkoreksi diurnal, B_T adalah nilai medan magnet total pada titik pengukuran (*rover*), dan ΔB_v adalah medan magnetik luar yang merupakan nilai perekaman pada *base station*.

b. Koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*)

Setelah dilakukan koreksi variasi harian, data medan magnet perlu dikoreksi IGRF untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi. Koreksi IGRF dilakukan dengan mengurangi nilai medan magnet total di setiap titik pengukuran dengan nilai IGRF di daerah penelitian. Proses koreksi IGRF dapat dituliskan sebagai berikut,

$$B_A = B_V - B_B \quad (2.10)$$

dengan B_A adalah anomali magnet total, B_V adalah medan magnet total yang terkoreksi variasi harian, dan B_B adalah medan magnet utama bumi atau IGRF. Operasi pengurangan pada Persamaan (2.9) dan (2.10) mengasumsikan bahwa sifat magnetik remanen pada batuan penyusun kerak bumi dianggap tidak ada, sehingga anomali magnet total memiliki arah yang sama dengan magnet utama bumi.

2.6 Transformasi Medan Magnetik

2.6.1 Kontinuasi ke Atas

Dalam proses kontinuasi komponen medan magnetik yang digunakan hanyalah komponen vertikal. Perhitungan nilai medan potensial di titik bidang kontinuasi dapat didefinisikan sebagaimana berikut (Blakely, 2009)

$$U_{(x,y,z_0-\Delta z)} = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x',y',z_0)}{\left[(x-x')^2 + (y-y')^2 + (\Delta z)^2 \right]^{3/2}} dx' dy' \quad (2.11)$$

dengan $U(x,y,z_0)$ merupakan harga medan potensial pada bidang hasil kontinuasi (pengangkatan), Δz adalah jarak atau ketinggian pengangkatan, $U(x',y',z_0)$ adalah harga medan potensial pada bidang observasi sebenarnya ($\Delta z = 0$), dan $R = (\sqrt{x-x'}^2 + \sqrt{y-y'}^2 + \Delta z^2)$. Kontinuasi ke atas dilakukan dengan mentransformasi

medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari sumber. Transformasi ini dilakukan dengan mengatenuasi anomali-anomali sebagai fungsi panjang gelombang, semakin pendek panjang gelombangnya maka semakin besar atenuasinya. Kontinuasi ke atas juga salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan *noise* akibat benda-benda dekat permukaan, dan juga dapat mengurangi efek dari sumber anomali dangkal.

2.6.2 Reduksi ke Kutub (*Reduce to Magnetic Pole*)

Proses transformasi reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah arah magnetisasi dan medan utama dalam arah vertikal tetapi masih disebabkan oleh sumber anomali yang sama (Jackson and Walker, 2005). Anomali hasil transformasi tersebut dalam domain Fourier sebagai berikut:

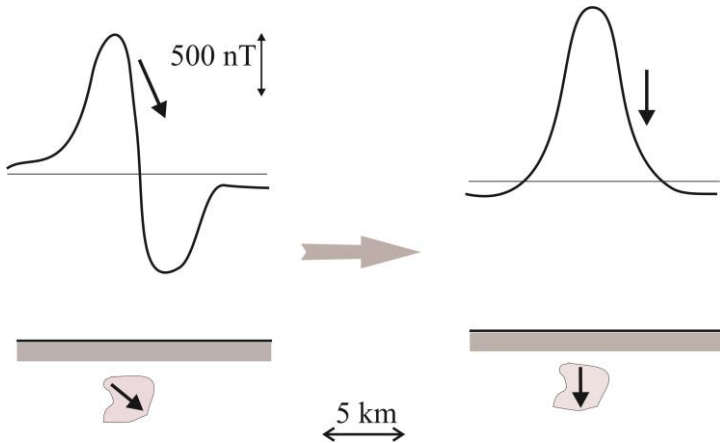
$$F[\Delta T_t] = F(\Psi_t) F[\Delta T] \quad (2.12)$$

$$F(\psi_r) = \frac{1}{\Theta_m \Theta_f} = \frac{|\kappa|^2}{a_1 \kappa_x^2 + a_3 \kappa_y^2 + a_3 \kappa_x \kappa_y + i|\kappa|(b_1 \kappa_x + b_2 \kappa_y)} \quad (2.13)$$

Dengan $|k| \neq 0$ dan,

$$\begin{aligned}
a_1 &= \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_x \hat{f}_x \\
a_2 &= \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_y \hat{f}_y \\
a_3 &= -\hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_x \hat{f}_y \\
b_2 &= \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_x \hat{f}_y
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Notasi $F(\Psi_r)$ disebut dengan transformasi reduksi ke kutub, dan T_r merupakan anomali yang terukur di kutub magnet bumi. Pada kutub tersebut induksi magnetisasi dan medan utama berarah vertikal ke bawah. Metode reduksi ke kutub magnetik bumi dapat mempermudah dalam proses interpretasi, dengan anomali medan magnetik menunjukkan langsung posisi bendanya (Rachmi, 2017), seperti pada Gambar 2.6,



Gambar2. 5 Anomali magnetik dan hasil reduksi ke kutub

2.7 Geologi Regional

Fisiografi daerah Jawa Barat terbagi menjadi 4 zona yaitu zona dataran pantai Jakarta, zona Bogor, zona Bandung, dan zona pegunungan selatan. Menurut pembagian zona ini, daerah penelitian berada di zona pegunungan selatan. Zona ini terletak di bagian paling selatan Jawa Barat yang dibentuk oleh pegunungan di selatan Priangan, satuan pegunungan selatan sepanjang 50 km dan membentang dari arah barat ke timur. Zona ini dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kelompok Jampang di bagian barat, kelompok Pangalengan di bagian tengah dan kelompok Karangnunggal di bagian timur. Daerah penelitian merupakan bagian dari kelompok Pangalengan. kelompok Pangalengan memiliki elevasi yang paling tinggi dibandingkan dengan dua kelompok lainnya pada Zona Pegunungan Selatan. Elevasi pada kelompok Pangalengan berangsur meningkat dari Samudera Hindia menuju ke utara

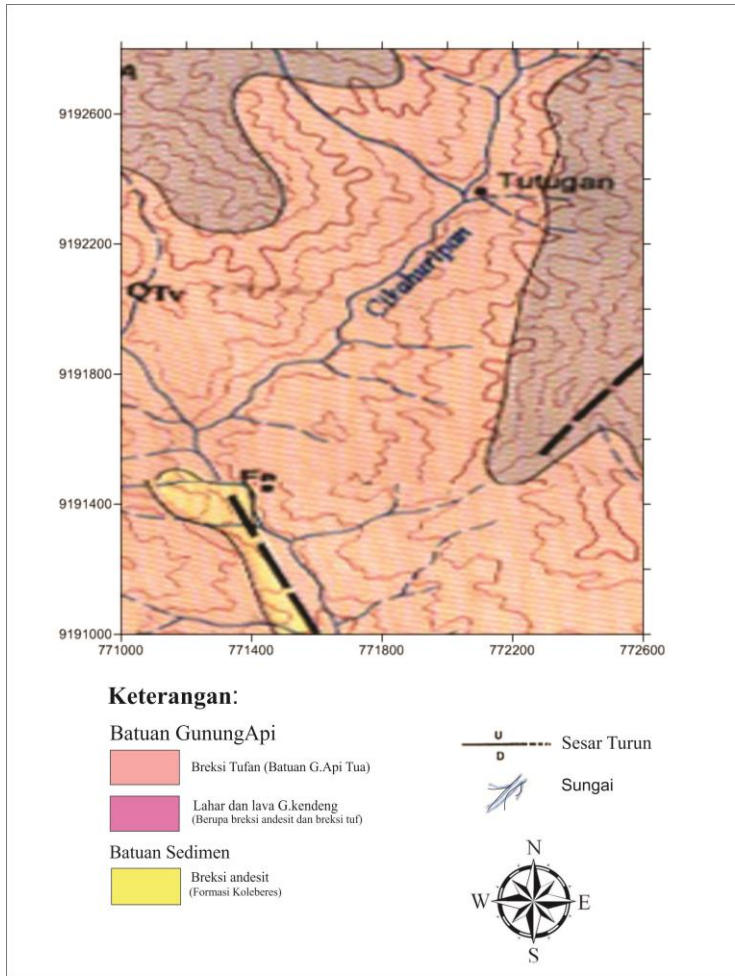
hingga elevasi tertinggi sekitar 2.000 m, kemudian menurun di bagian utara bersamaan dengan adanya patahan pada zona Bandung. Peralihan elevasi antara Zona Pegunungan Selatan dan zona Bandung ditutupi oleh seri Gunung Api Kuarter yang terdapat pada Zona Bandung.

Daerah penelitian, yaitu lapangan “X”, yang terletak di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, secara regional tergabung ke dalam peta geologi lembar Sindangbarang dan Bandarwaru (Koesmono et al., 1996) serta peta geologi lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar et al., 1992) Gambar 2.6, struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian adalah lipatan sesar dan kekar. Lipatan yang terbentuk berarah sumbu barat barat laut-timur tenggara pada formasi bentang dan utara barat laut-selatan tenggara pada formasi jampang. Perbedaan arah sumbu ini disebabkan oleh perbedaan tahapan dan intensitas tektonika pada kedua satuan tersebut. Sesar yang dijumpai merupakan sesar normal dan sesar geser, berarah barat daya-timur laut. Sesar ini melibatkan batuan-batuan tersier dan kuarter, sehingga disebutkan bahwa sesar tersebut sesar muda. Berdasarkan pola arahnya

diperkirakan bahwa gaya tektoniknya berasal dari sebaran selatan-utara dan diduga terjadi paling tidak Oligosen akhir-miosen awal (Sukendar, 1974 dikutip oleh Alzwar 1989). Maka dapat diperkirakan kembali bahwa sebagian sesar tersebut merupakan pengaktifan sesar lama yang pernah terjadi sebelumnya. Adapun formasi dan batuan yang menyusun area penelitian, sebagai berikut:

- a. Formasi Jampang, didominasi oleh breksi andesit, terdiri atas batuan lava andesit yang terkekarkan dan breksi andesit hornblende dengan sisipan tuf hablur serta terpropilitikan secara lokal (Alzwar et al., 1992).
- b. Formasi koleberes, terdiri atas batupasir tuf dengan struktur berlapis, tuf Kristal, breksi tuf batupasir dan breksi andesit. Terdapat pula batupasir berwarna kelabu kecoklatan dan berwarna hitam terdapat didekat Gunung Gebeg dan di sebelah timur Citalahab.
- c. Batuan Gunung Api Tua yang terdiri atas breksi andesit, breksi tuf, dan tuf lapili. Serta terdiri atas tuf, breksi tuf, dan lava (Alzwar et al., 1992).
- d. Lahar dan Lava Gunung Kendeng yang beumur pliosen. Satuan ini terdiri atas batuan yang berupa aliran lava berselingan dengan endapan lahar berupa breksi andesit dan breksi tuf (Alzwar et al., 1992).

Secara geologi, wilayah Jawa Barat bagian selatan memiliki berbagai faktor yang menyebabkannya memiliki potensi sumber daya mineral yang baik. Jalur pegunungan selatan merupakan jalur mineralisasi batuan andesit tua. Batuan tersebut diperkirakan lebih didominasi oleh piroklastika yang sulit melapuk, karena itu batuan penutup disini relatif tipis (Ilham, 2009).



Gambar2. 6 Peta geologi daerah Cijulang, Garut, Jawa Barat (Dimodifikasi dari Peta geologi lembar sindangbarang dan Bandarwaru)

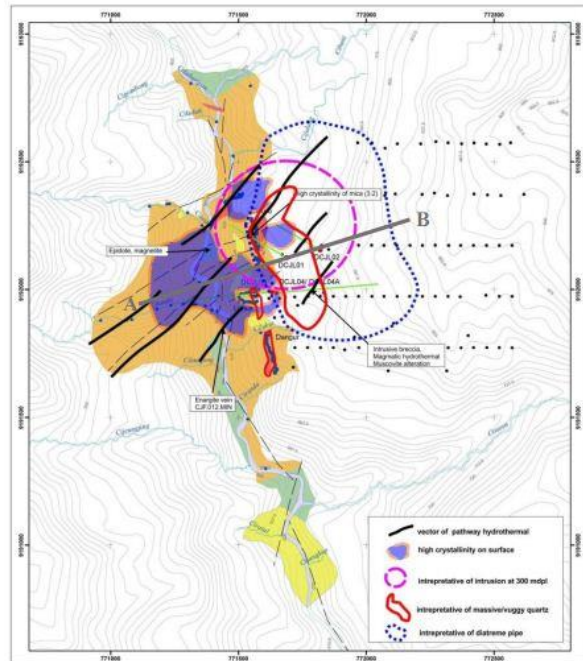
2.7.1 Alterasi dan Mineralisasi Daerah Prospek Emas Cijulang

Purwanto dan Verdiansyah (2013) telah melakukan penelitian geologi pada daerah Cijulang, Kabupaten Garut, Jawa Barat (Gambar 2.7) (Heryanto, 2013). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi endapan emas epitermal sulfidasi tinggi di daerah tersebut berdasarkan data-data geologi serta pemboran.

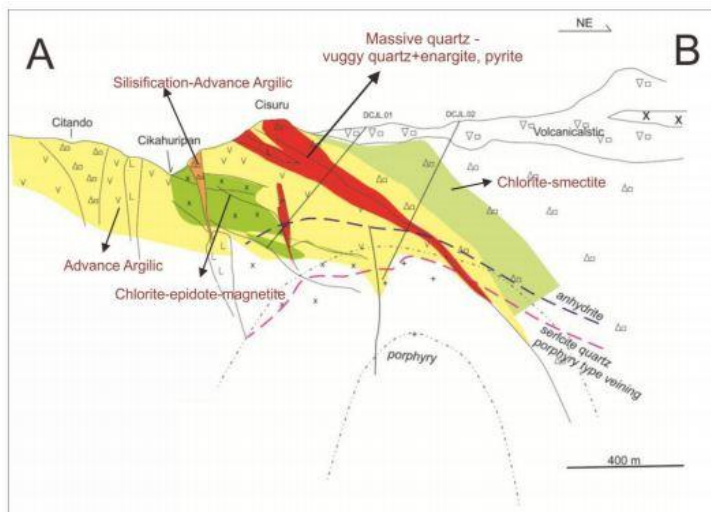
Pada penelitian ini diketahui bahwa secara umum seluruh prospek di daerah Papandayan dan sekitarnya memperlihatkan kemunculan alterasi dan mineralisasi menarik yang terbentuk pada batuan berumur Miosen hingga Pliosen, dengan *hostrock* adalah Formasi Bentang, Formasi Jampang, dan Formasi Pamulihan. Alterasi dan mineralisasi yang terbentuk kemungkinan berhubungan dengan sistem hidrotermal selama Miosen Akhir hingga Pliosen. Alterasi yang berkembang pada daerah Cijulang merupakan bagian dari sistem epitermal sulfidasi tinggi dan beberapa tipe lainnya. Alterasi yang terbentuk berdasarkan data permukaan didominasi oleh propilitik, klorit-epidot, dan silisifikasi.

Berdasarkan tipe-tipe alterasi di daerah tersebut maka Daerah Cijulang memiliki tipe sulfidasi yaitu *high sulfidation* yang terbentuk pada 3 fase mineralisasi. Sistem alterasi dan mineralisasi porfiri kemungkinan hadir sebelum tipe sulfidasi tinggi terbentuk, dan tipe sulfidasi rendah juga dimungkinkan terbentuk setelah terbentuknya sistem sulfidasi tinggi. Puwanto dan Verdiansyah (2013) membuat peta hasil interpretasi posisi anomali menarik secara geologi pada daerah Cijulang Gambar 2.8. Peta tersebut menunjukkan dugaan posisi tubuh intrusi juga zona mineralisasinya dilihat dari permukaan. Peta ini dibuat berdasarkan pengamatan geologi di permukaan serta didukung dengan data pemboran. Selanjutnya dari peta tersebut dibuat sayatan untuk pembuatan penampang geologi bawah permukaan Gambar 2.9.

Gambar2. 7 Lokasi daerah prospek emas Cijulang



Gambar2. 8 Peta hasil interpretasi berdasarkan data geologi dan pemboran daerah Cijulang



Gambar 2.9 Profil alterasi dan mineralisasi Cijulang pada sayatan A-B

2.8 Metode 2D-VMD (Two Dimension – Variational Mode Decomposition)

Sebelumnya terdapat metode untuk mendekomposisi pada data deret dan waktu yaitu metode EMD yang diperkenalkan oleh Huang dkk.(1998). EMD ini menggunakan konsep dasar yang berguna untuk mengidentifikasi skala waktu yang tepat yang dapat menunjukkan karakteristik fisik sinyal dan kemudian mengubah sinyal ke mode intrinsik dengan fungsi yang disebut sebagai Fungsi Mode Intrinsik (IMF) (Kim, 2006). Berdasarkan algoritma 1D-EMD dapat dilihat bahwa metode EMD ini digunakan untuk menghitung data diantara *upper envelope* dan *lower envelope*, yang didefinisikan mean dari data yang berada diantara *upper envelope* dan *lower envelope* (Huang et al., 2008). Metode EMD diatas maka dikembangkan menjadi metode 2D-VMD yang diadaptasi dari algoritma 1D-VMD (*One Dimension – Variational Mode Decomposition*) dalam konteks pemisahan bagian suatu gambar (Wang et al., 2017). 2D-VMD ini metode variational yang non-rekursif, jarang mendekomposisi secara matematis karena memiliki parameter yang minimal dan secara eksplisit tidak menginterpolasi. Pada dasarnya 1D-VMD ini konsepnya menggunakan dasar filtering Wiener, 1D transformasi Hilbert dan analitis signal, dan juga demodulasi *heterodyne*. Tujuan dari 1D-VMD ini untuk mendekomposisikan sinyal input menjadi sub-signal (*mode*) secara diskrit, dimana setiap mode memiliki *bandwidth* pada domain spektral (Dragomiretskiy and Zosso, 2015). Untuk mengatasi permasalahan pada 1D-VMD dan untuk mendapatkan sub-optimalisasi yang sederhana secara beruntut maka dibentuk model dua dimensi yang bertujuan untuk membuat metode ini mengaplikasikan pada suatu gambar.

Apabila pada mode 1D analitik sinyal dicapai dengan menggunakan frekuensi negatif, namun pada mode 2D setengah dari domain frekuensi harus diatur dengan nilai nol, hal tersebut dipilih relatif terhadap vektor. Dengan demikian analitik sinyal

2D mendefinisikan domain frekuensi. Persamaan untuk *minimized* berasal dari definisi analitis sinyal 2D :

$$\min_{\vec{u}_k, \vec{w}_k} \left\{ \sum k \left\| \Delta \left[\vec{u}_{AS,k}(\vec{x}) e^{-j(\vec{w}_k, \vec{x})} \right] \right\|_2^2 \right\} \text{ s.t. } \sum k \vec{u}_k = f \quad (2.15)$$

Berdasarkan definisi analytic sinyal 2D dapat dilakukan optimasi untuk μ_k dan ω_k secara analog menjadi mode 1D. Persamaan termasuk pada fungsi Lagrang dapat dituliskan pada domain Fourier sebagai berikut:

$$\vec{u}_k^{n+1} = \arg \min_{\vec{u}_k} \left\{ \alpha \left\| j(\vec{w} - \vec{w}_k) \left[\left(1 + \text{sgn}(\vec{w}, \vec{w}_k) \right) \vec{u}_k(\vec{w}) \right] \right\|_2^2 + \left\| f(\vec{w}) - \sum k \vec{u}_i(\vec{w}) + \frac{\lambda(\vec{w})}{2} \right\|_2^2 \right\} \quad (2.16)$$

dengan hasil dari filter Wiener,

$$\vec{u}_k^{n+1}(\vec{w}) = \left(f(\vec{w}) - \sum i \neq k \hat{u}_i(\vec{w}) + \frac{\lambda(\vec{w})}{2} \right) \frac{1}{1 + 2\alpha |\vec{w} - \vec{w}_k|^2} \quad (2.17)$$

$$\forall \vec{w} \in \Omega_k : \Omega_k = \{ \vec{w} \mid \vec{w}, \vec{w}_k \geq 0 \}$$

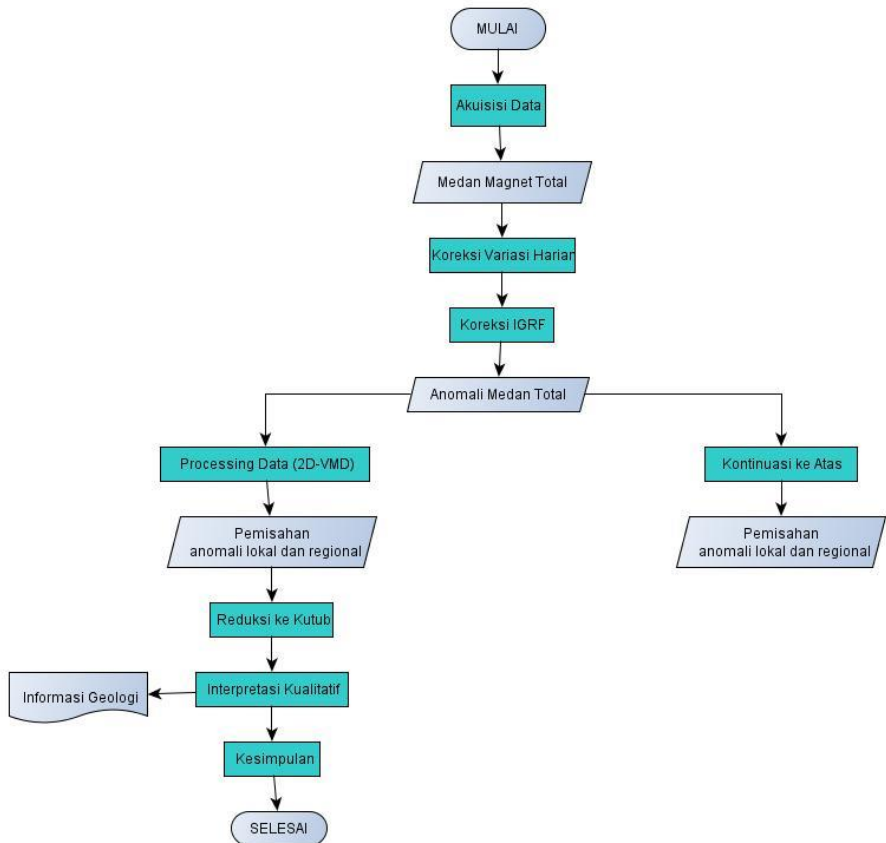
Aplikasi pada metode 2D-VMD dengan menggunakan matlab, dan tes algoritma antara data sintesik dan data lapangan. Dimana pada gambar sintetik adalah komposisi dari *overlapping* bentuk dasar dengan pola frekuensi yang berbeda pada arah dan

periodenya. Percobaan pada gambar sintetik ini dijalankan dengan parameter $\alpha = 1000$, dan $\kappa = 5$. Hal penting pada algoritma ini yaitu pada variable awalnya, dimana nilai awal dari μ_k memiliki $\mu_k = 0$, sedangkan $\vec{\omega}_k$ lebih sensitif. Secara kualitatif, α besar menyebabkan pemisahan sub-sinyal berdasarkan dengan filter Wiener menjadi lebih terpusat disekitar frekuensi tengah. Sebaliknya jika α nya kecil membuat filter yang lebih luas yang memungkinkan algoritma menuju ke frekuensi yang tepat, namun menghasilkan separasi yang kurang bagus.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini disusun seperti pada diagram alir (*flow chart*) yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Gambar 3.1 ini dapat dijabarkan sebagaimana berikut:



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

1. Koreksi Variasi Harian.

Variasi harian merupakan medan magnetik bumi yang sebagian besarnya berasal dari medan magnet luar. Nilai koreksi variasi harian yang diperoleh merupakan selisih antara data medan magnet total pada tiap titik pengukuran dengan nilai koreksi variasi harian pada waktu yang sama, sehingga diperoleh medan magnet total yang terkoreksi variasi harian.

2. Koreksi IGRF.

Koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi. Medan magnet yang telah terkoreksi variasi harian dikurangkan dengan nilai IGRF daerah penelitian. Nilai IGRF ini diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan *calculator magnetic* dengan memasukkan koordinat daerah penelitian, dimana diperoleh nilai IGRF di daerah penelitian sekitar lapangan “X” yaitu sebesar 45.045 nT. Seperti yang telah dijelaskan pada Persamaan (2.11), koreksi IGRF dilakukan dengan mengurangkan medan magnet total terkoreksi variasi harian dengan nilai IGRF di daerah penelitian. Selanjutnya diperoleh nilai anomali magnetik total yang tidak dipengaruhi oleh medan magnet eksternal dan medan magnet utama bumi.

Koreksi IGRF sebenarnya boleh untuk tidak dilakukan pada kasus area penelitian yang relatif kecil. Namun, koreksi IGRF menjadi sangat penting pada kasus area penelitian yang sangat luas. Hal tersebut dikarenakan nilai IGRF bervariasi secara spasial, sehingga dalam satu area penelitian yang sangat luas tidak dapat digunakan satu nilai IGRF saja untuk mewakili area penelitian tersebut.

3. Pembuatan Peta Anomali Magnet Total.

Setelah data dikoreksi harian dan koreksi IGRF maka didapatkan nilai anomali magnetik. Setelah itu nilai anomali magnetik dapat dipetakan untuk melihat persebaran anomali di seluruh titik daerah pengukuran. Nilai anomali magnetik ini merupakan campuran antara anomali regional dan residual sehingga informasi mengenai bagian yang dalam dan dangkal masih menjadi satu. Proses pembuatan peta anomali magnet total dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Surfer* parameter yang diperlukan dalam pembuatan peta anomali magnet total adalah koordinat titik pengukuran (*Easting* dan *Northings*) dan nilai anomali magnet total di setiap titik pengukuran.

Metode statistik *gridding* yang digunakan dalam pembuatan peta anomali magnet total dan tahap-tahap pengolahan selanjutnya adalah *krigging*. Metode *krigging* digunakan untuk menginterpolasi nilai anomali magnet total antar titik pengukuran sehingga dihasilkan suatu peta yang menggambarkan sebaran nilai anomali magnet total di daerah pengukuran.

4. Analisis 2D-VMD.

Metode 2D-VMD ini digunakan untuk mendekomposisi sebuah gambar menjadi sejumlah mode tertentu sehingga setiap mode memiliki batas *bandwidth*. Metode ini digunakan untuk memproses data anomali medan magnetik hingga mendapatkan anomali regional dan anomali residual hingga peta RTP yang hasilnya digunakan untuk interpretasi secara kualitatif.

5. Analisis Kontinuitas ke Atas.

Analisis kontinuitas ke atas merupakan langkah untuk mengubah data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah

diukur pada permukaan lebih atas. 6. Kontinuitas keatas ini merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan *noise* yang disebabkan benda-benda dekat permukaan. Pada umumnya proses kontinuitas ke atas ini merupakan proses reduksi data terhadap ketinggian, apabila dalam penetapan ketinggian dengan nilai yang terlalu besar maka akan menghilangkan anomali yang muncul dan cenderung akan menghilangkan informasi pada daerah tersebut. Proses kontinuitas ke atas atau *Upward Continuation* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Magpick*. Parameter yang dibutuhkan dalam proses ini adalah ketinggian kontinuitas. Penentuan ketinggian kontinuitas dilakukan dengan *system trial and error*. Penentuan ketinggian bersifat subjektif.

6. Anomali Lokal dan Regional.

Variasi medan magnet yang terukur di permukaan merupakan campuran antara medan magnet lokal dan regional. Sebelum dilakukan interpretasi anomali medan magnet lokal, harus dilakukan koreksi efek regional guna menghilangkan efek anomali regional pada kedalaman yang dalam, sehingga dapat dikehatui anomali lokalnya. Untuk melakukan pemisahan anomali lokal dan regional secara umum lebih sering digunakan metode kontinuitas ke atas. Seperti yang telah diketahui bahwa metode ini merupakan proses reduksi yang bergantung pada ketinggian. Hasil dari kontinuitas ke atas seringkali bergantung pada ketinggian yang digunakan dan hasil anomali regionalnya juga bergantung pada pengalaman interpreter. Hal ini akan mempersulit interpreter pemula. Sedangkan pemisahan anomali lokal dan regional ini dapat dianalisis dengan menggunakan 2D-VMD yang merupakan proses untuk mendekomposisi

suatu gambar menjadi beberapa sub-gambar berdasarkan pola frekuensi yang berbeda pada arah dan periodenya. Yang dari beberapa sub-gambar (mode) ini dapat dipilih beberapa mode yang dapat mewakili anomali lokal dan regionalnya.

7. Reduksi Ke Kutub.

Reduksi ke kutub merupakan proses untuk mengurangi kerumitan dalam interpretasi data yang disebabkan masih adanya pola anomali yang bersifat *dipole* akibat sudut inklinasi dan deklinasi magnetik di daerah penelitian. Proses ini bertujuan untuk mengubah kurva anomali magnetik yang semula bersifat *dipole* menjadi *monopole*, sehingga puncak dari kurva anomali berada tepat di atas sumber anomalinya.

Pada proses reduksi ke kutub, data medan magnet di daerah penelitian ditransformasikan sebagai data medan magnet yang diukur di kutub utara magnetik bumi dengan inklinasi $+90^0$ dan deklinasi 0^0 . Proses ini dilakukan dengan perangkat lunak *Oasis Montaj ver 6.4.2* pada menu MAGMAP dengan parameter masukan berupa sudut inklinasi dan deklinasi daerah penelitian, dimana sudut inklinasi dan deklinasi daerah penelitian secara berturut-turut yaitu $-32,4898^0$ dan $0,7643^0$. Peta anomali magnet total hasil RTP memiliki pola magnet yang bersifat *monopole*, yang berarti titik maksimum kurva anomali berada tepat di atas sumber anomalinya. Peta anomali magnet yang bersifat *monopole* akan membuat proses interpretasi lebih mudah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

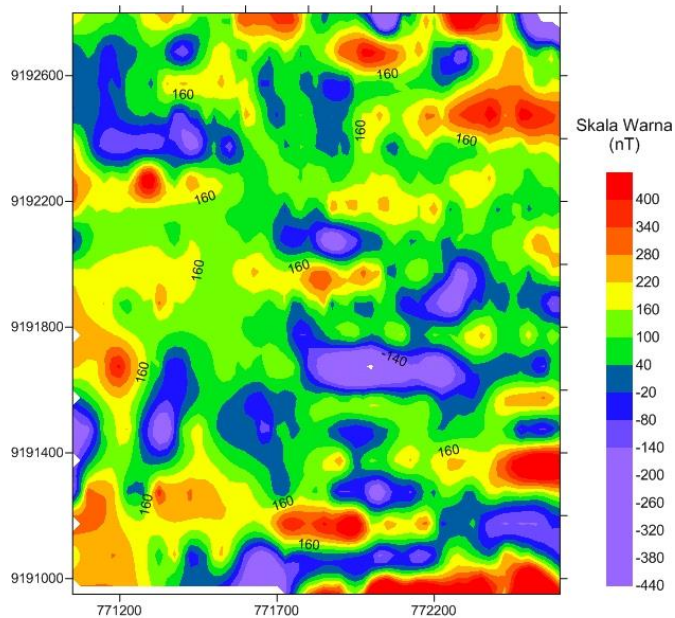
4.1 Hasil Pengolahan Data Magnetik

Proses analisa yang dilakukan diawali dengan pengolahan data lapangan. Pada bagian ini, medan magnet pengukuran, anomali lokal, dan anomali regional yang akan diproses.

4.1.1 Anomali Medan Magnet Total

Data anomali magnet total yang didapatkan dari proses koreksi data magnetik dipetakan agar dapat diketahui persebaran anomali magnetik pada daerah penelitian. Hasil dari peta anomali magnet total ditunjukkan pada Gambar 4.1. Anomali medan magnet total yang dihasilkan pada proses ini masih memiliki efek *dipole* karena pengaruh sudut inklinasi dan deklinasi pada daerah penelitian. Selain itu, anomali medan magnet total merupakan campuran dari anomali magnet lokal yang disebabkan oleh sumber anomali dangkal atau dekat permukaan, dan anomali regional yang disebabkan oleh sumber anomali pada kedalaman yang lebih dalam.

Secara umum, persebaran nilai anomali medan magnet total pada daerah penelitian terbagi menjadi dua wilayah, yang keduanya memiliki kontras nilai anomali magnet total yang cukup signifikan. Nilai anomali medan magnet total yang tinggi (40 nT hingga 400 nT) tersebar di pada wilayah selatan maupun utara daerah penelitian, sedangkan nilai anomali medan magnet total yang rendah pada (-20 nT hingga -440 nT) juga tersebar hampir merata di wilayah *centre* hingga utara daerah penelitian. Anomali medan magnet total ini merupakan campuran dari anomali magnet lokal dan anomali magnet regional, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu pemisahan anomali magnet lokal dan anomali magnet regional menggunakan processing kontinuasi ke atas (*Upward Continuation*) dengan menggunakan software Magpick.

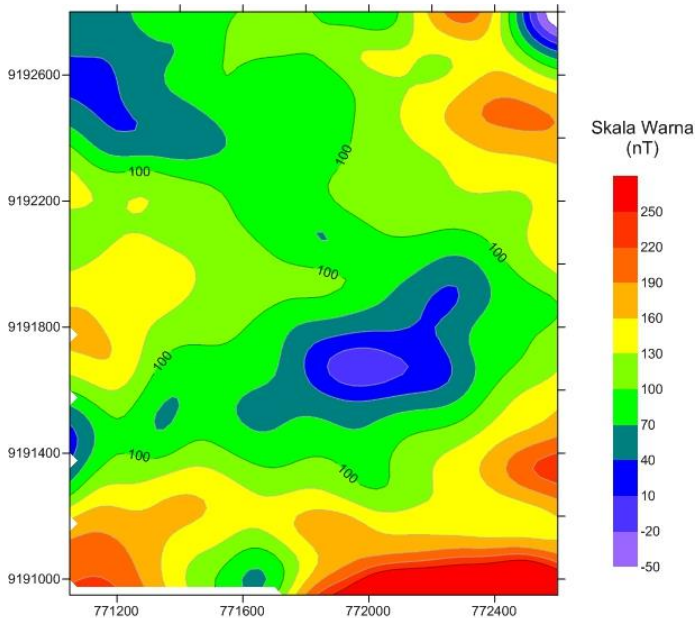


Gambar 4. 1 Anomali Magnet Total

4.1.2 Pemisahan Anomali Lokal dan Anomali Regional Hasil Kontinuitas ke Atas

Proses kontinuitas ke atas dilakukan untuk pemisahan anomali magnet lokal dan anomali magnet regional. Dilakukan untuk menampilkan peta anomali magnet regional yaitu anomali magnet dengan frekuensi rendah yang berasosiasi dengan kedalaman yang dalam. Proses kontinuitas ke atas juga dilakukan bertujuan untuk menghilangkan efek-efek dari intensitas medan magnet yang berada di sekitar daerah pengukuran. Pada penelitian ini ketinggian kontinuitas ke atas adalah 100 m. Ketinggian kontinuitas tersebut dipilih berdasarkan analisa dari beberapa hasil peta anomali magnet regional yang telah dilakukan dengan menggunakan beberapa ketinggian yang berbeda-beda yaitu pada ketinggian 50 m, 70 m dan 80 m. Penentuan nilai ketinggian

dilakukan sesuai dengan asumsi yang diperlukan dan tergantung pada tujuan dari efek yang ingin dihilangkan. Proses kontinuasi ke atas pada ketinggian 100 meter ini didapatkan anomali magnet regional yang tidak lagi mengalami perubahan pola anomali magnetiknya.

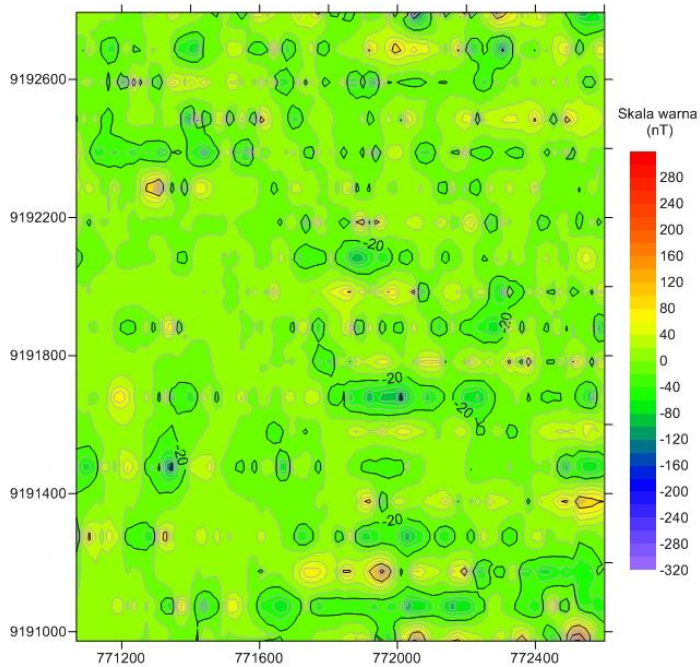


Gambar 4. 2 Anomali Regional

Hasil dari proses kontinuasi ke atas ditunjukkan pada Gambar 4.2. didapatkan nilai skala tertinggi adalah 250 nT dan terendahnya bernilai -150 nT, berkurang dari nilai anomali magnet total sebelumnya yaitu -440 nT hingga 400 nT. Hal ini terjadi karena tujuan metode *upward continuation* adalah untuk mendominasi nilai anomali magnetik dengan mengubah bidang pengamatnya. Secara umum pola anomali magnet regional yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan pola anomali

magnet total, yaitu nilai anomali magnet tinggi yang berada di sekitar daerah penelitian bagian selatan dan utara daerah penelitian yang diinterpretasikan sebagai respon dari batuan breksi andesit dari formasi jampang. Sedangkan nilai anomali magnet rendah berada di tengah daerah penelitian. Peta anomali regional memiliki pola anomali yang tampak lebih *smooth* dibandingkan peta anomali magnet total. Hal ini dikarenakan pada proses kontinuitas ke atas anomali frekuensi rendah, dimana anomali lokal yang berasosiasi dengan sumber anomali pada kedalaman yang dangkal telah dihilangkan, sehingga hasilnya adalah peta anomali magnet regional yang merepresentasikan anomali pada kedalaman yang dalam. Kerapatan kontur menandakan kedalaman anomali yaitu daerah yang memiliki kontur lebih rapat maka anomali tersebut berada pada bagian yang lebih dangkal, sedangkan daerah dengan kontur yang kurang rapat maka berada pada bagian yang lebih dalam. Nilai anomali magnetik pada kontur yang rapat ditunjukkan dengan warna merah pada peta, sedangkan kontur yang kurang rapat ditunjukkan dengan warna biru.

Kontur anomali regional dari data magnetik dengan ketinggian 100 meter pada Gambar 4.2. dapat digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan peta kontur anomali lokal, yaitu sisa antara data pengukuran dan anomali regional. Gambar 4.3. adalah peta kontur anomali lokal yang merupakan anomali dengan bilangan gelombang kecil.

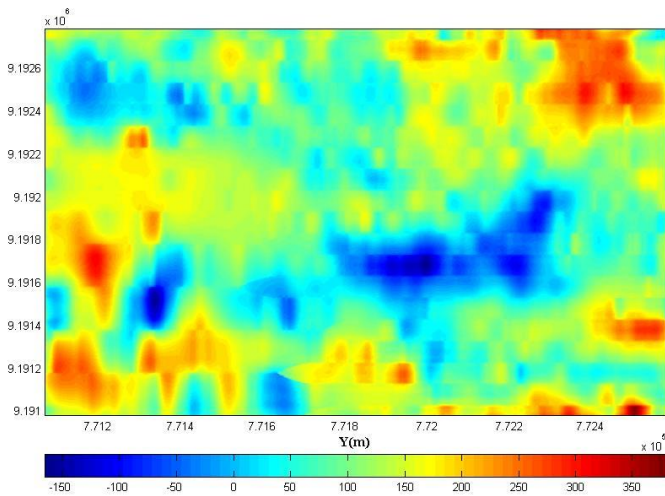


Gambar 4. 3 Anomali Lokal

4.1.3 Hasil Analisis Metode 2D-VMD

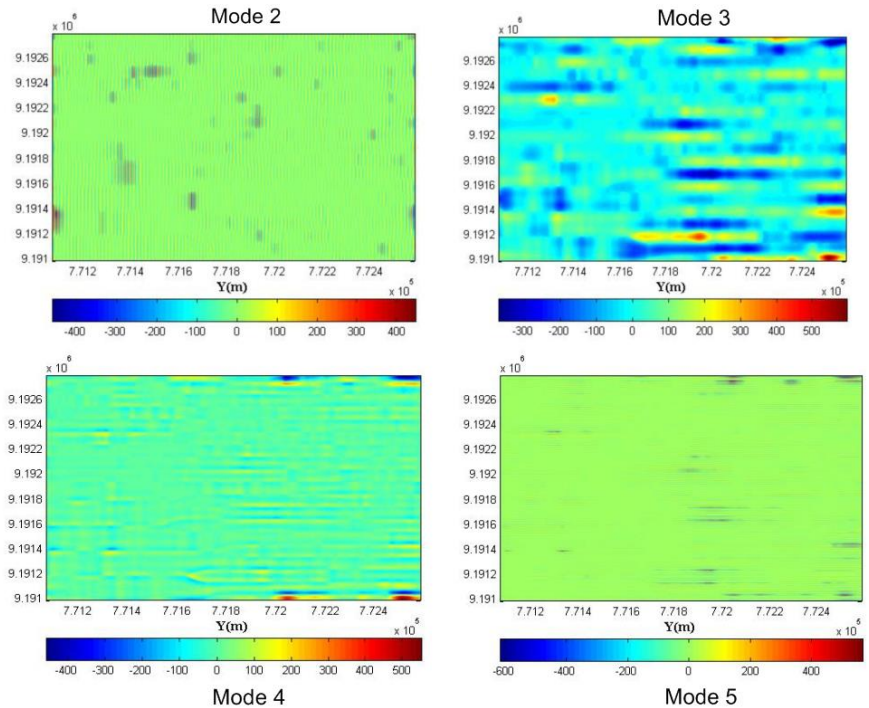
Pada sub bab ini, 2D-VMD digunakan untuk mendekomposisi data magnetik menjadi beberapa mode, selanjutnya masing-masing mode yang dapat dipilih untuk mewakili anomali lokal dan regionalnya. Setiap mode memiliki amplitude, frekuensi atau bilangan gelombang yang berbeda-beda, yakni mode yang lebih tinggi memiliki frekuensi atau bilangan gelombang kecil, dan juga amplitude yang kecil pula. Karakteristik dari beberapa mode hasil dari dekomposisi dengan metode 2D-VMD ini berkaitan dengan karakteristik data magnetik, yaitu data magnetik akan memiliki bilangan gelombang atau frekuensi yang kecil untuk anomali dalam atau anomali regional, dan memiliki bilangan gelombang yang tinggi untuk anomali di kedalaman yang dangkal atau anomali lokal. Oleh karena itu, 2D-VMD akan digunakan untuk mengestimasi

anomali lokal dan anomali regional dari data magnetik. Yang mana anomali regional akan berkorelasi dengan mode tinggi dan anomali lokal akan berkaitan dengan mode rendah. Pada Gambar 4.4 – Gambar 4.5 merupakan hasil dari dekomposisi data magnetik menjadi beberapa mode dan residu dengan besar α 10^4 . Pada mode pertama (Gambar 4.4) merupakan mode tertinggi yang dipilih sebagai anomali regional.



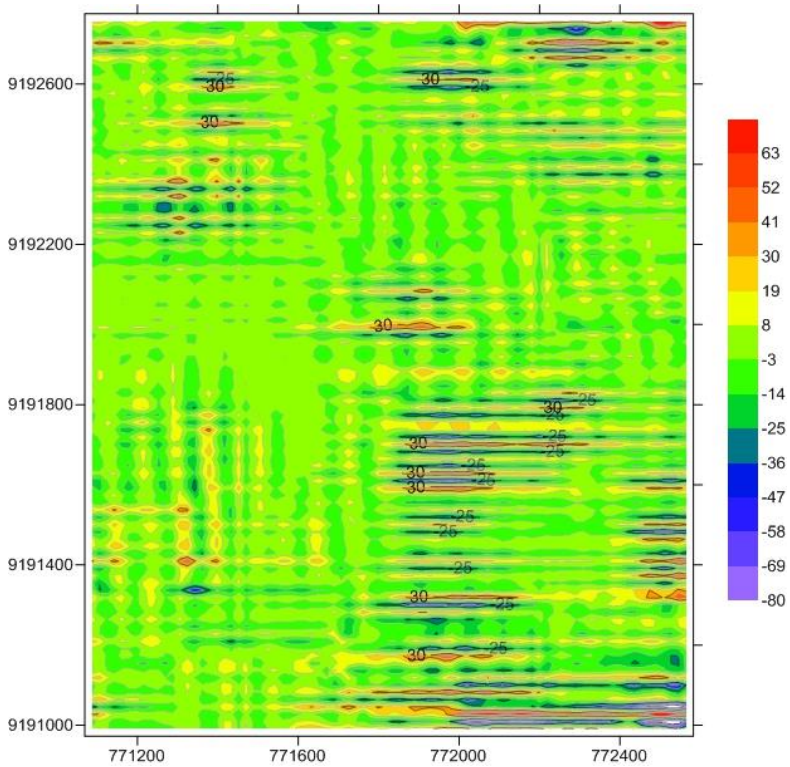
Gambar 4. 4 Mode 1

Gambar 4.5 mode 2 menunjukkan sebagian anomali lokal karena noise yang terlihat tidak terlalu tinggi, dengan demikian belum atau tidak bisa mewakili anomali lokal sepenuhnya. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan pada mode selanjutnya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



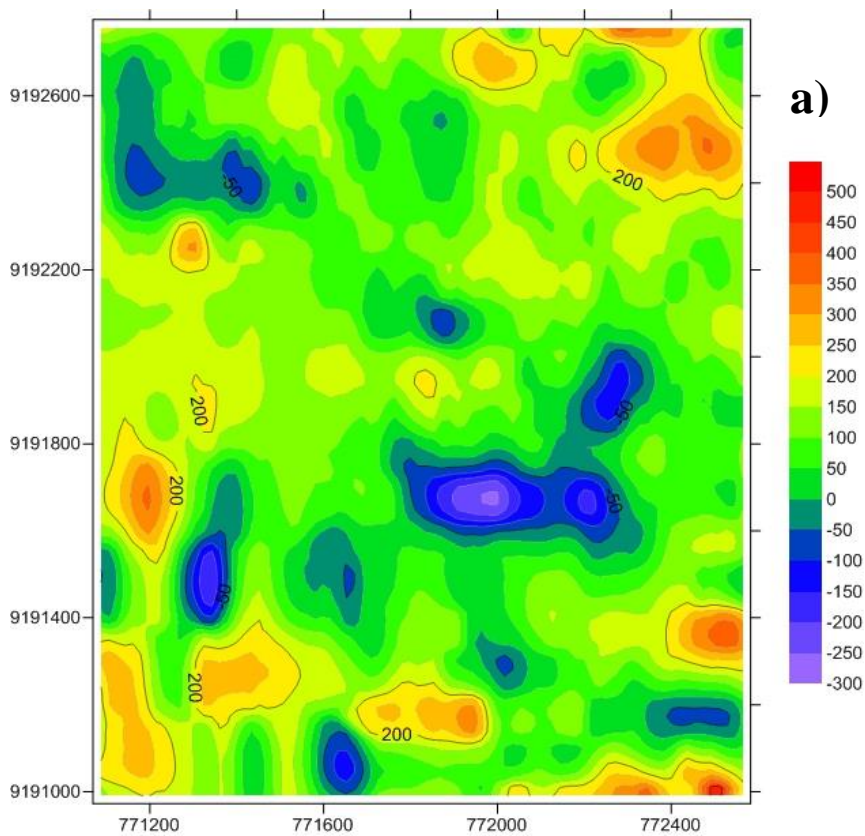
Gambar 4. 5 Gabungan Mode 2-Mode 5

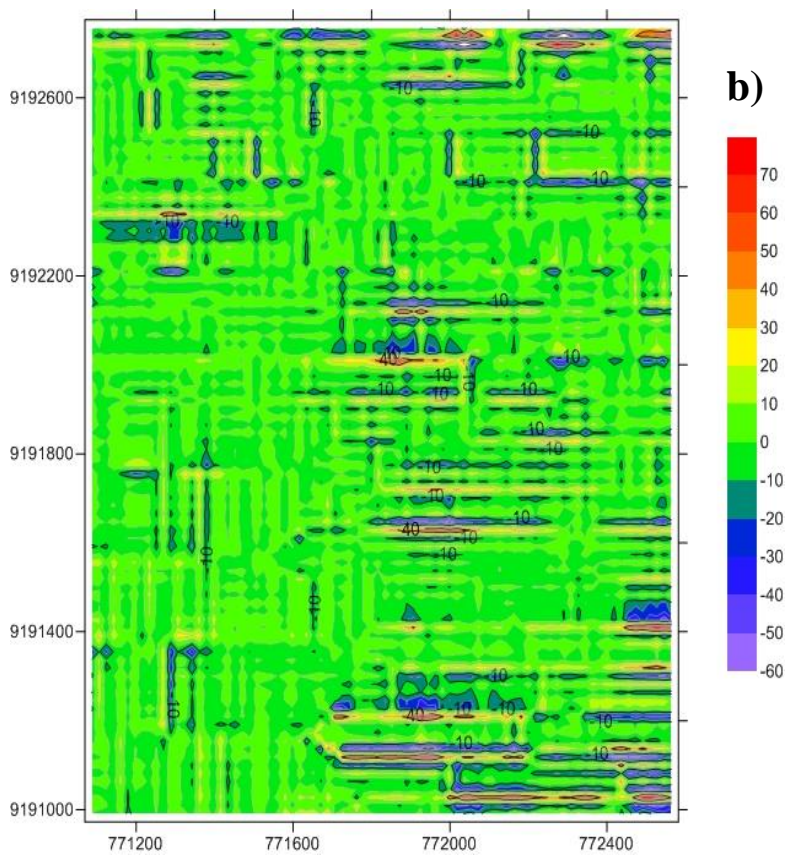
Selanjutnya, dilakukan pemilihan mode untuk mewakili anomali lokal dan anomali regional dari data magnetik. Berdasarkan gambar diatas dilakukan pemilihan pada mode 1 (Gambar 4.4) merupakan anomali regional dan penjumlahan antara mode 2 hingga mode 5 yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 menjadi anomali lokal yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.6.



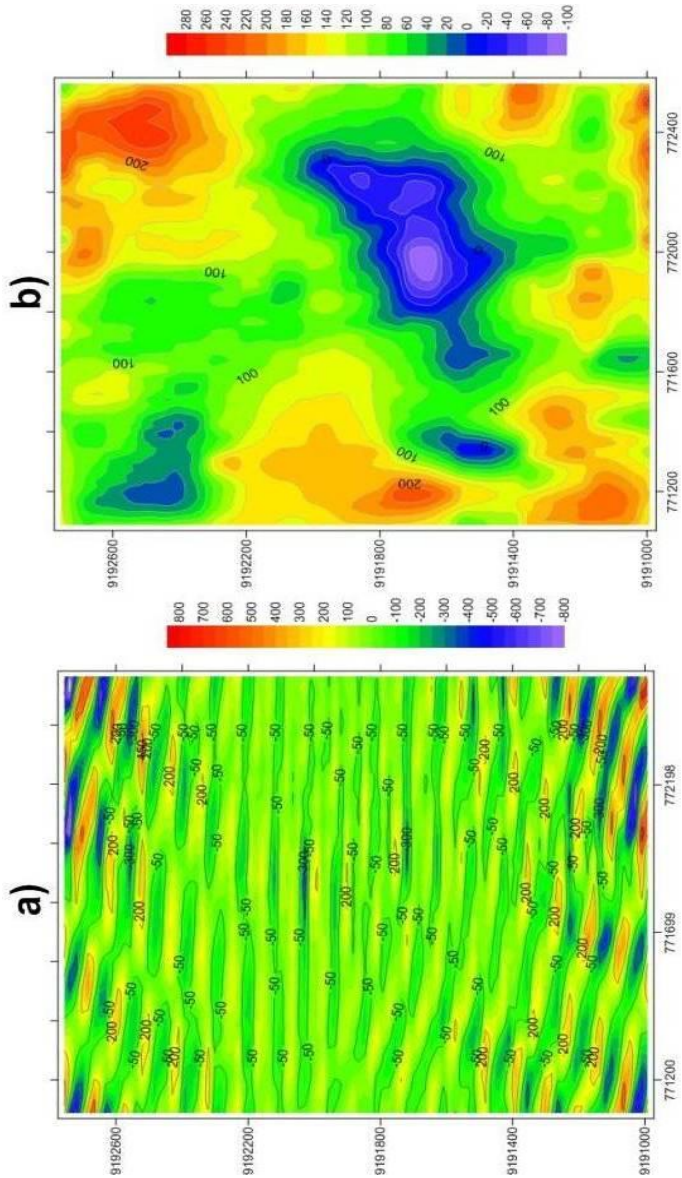
Gambar 4. 6 Hasil Penjumlahan Mode 2-Mode 5

Selanjutnya, dilakukan pemisahan anomali lokal dan regional dengan menggunakan parameter α (alpha) yang berbeda-beda yakni $\alpha = 10^5$ sampai dengan 10^7 . Hasilnya pada Gambar 4.7-Gambar 4.9.

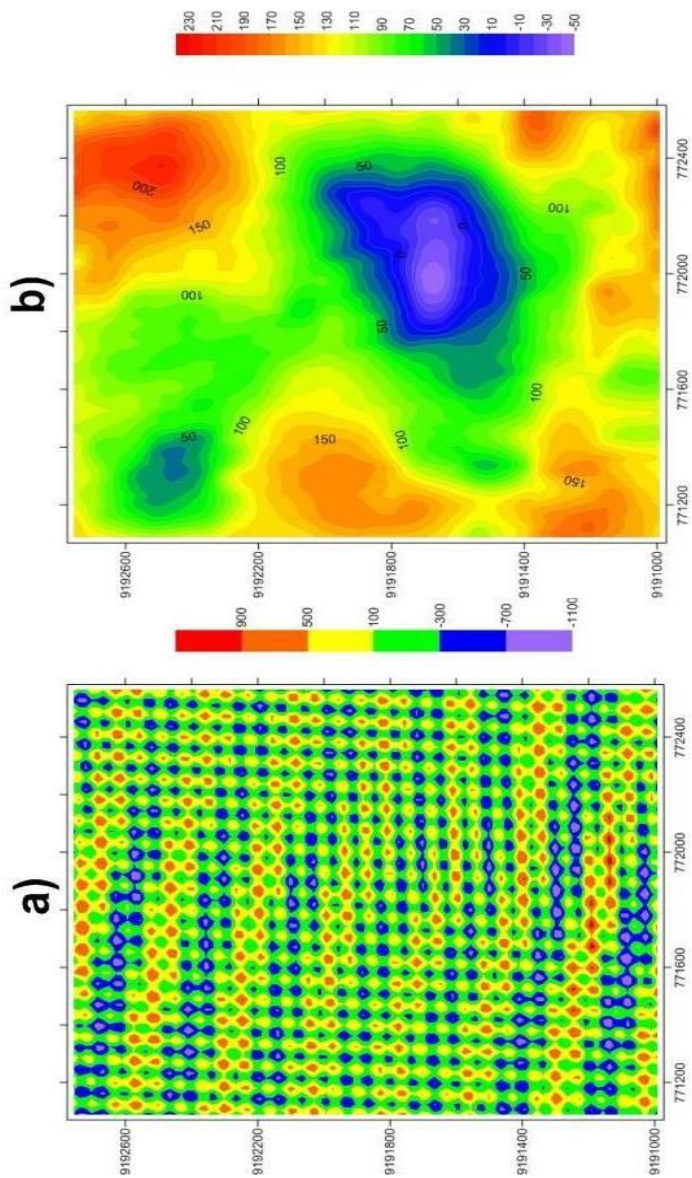




Gambar 4. 7 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^5$



Gambar 4. 8 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^6$



Gambar 4. 9 Pemisahan anomali lokal-regional dengan nilai $\alpha = 10^7$

Berdasarkan prinsip metode 2D-VMD, parameter α berpengaruh pada besar frekuensi yang terfilter. Yang mana semakin besar nilai α yang digunakan maka frekuensi kecil yang terfilter. Pada data magnetik, anomali magnet dengan frekuensi kecil atau frekuensi rendah berarti berasosiasi dengan kedalaman yang dalam yang ditunjukkan dengan peta anomali regional. Sedangkan semakin kecil nilai α yang digunakan maka frekuensi yang terfilter adalah frekuensi tinggi. Anomali magnet dengan frekuensi tinggi akan berasosiasi dengan kedalaman yang dangkal yang dapat ditunjukkan dengan kontur anomali lokal. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 – Gambar 4.9, semakin besar nilai α yang digunakan kontur semakin *smooth*, terutama sangat terlihat pada perubahan anomali regionalnya.

Saat didapatkan anomali lokal dan anomali regional didapatkan berdasarkan prinsip 2D-VMD, perlu dibandingkan dengan hasil estimasi anomali lokal dan regional dengan menggunakan proses kontinuitas ke atas, dalam hal ini menggunakan ketinggian 100 m. Gambar 4.3 dengan Gambar 4.6 dapat dilihat kemiripan klosur baik hasil dari metode 2D-VMD maupun metode *Upward Continuation*, hanya berbeda nilai intensitas anomalnya yaitu pada skala warna. Hal tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik dari masing-masing metode tersebut

Gambar 4.2-Gambar 4.9 merupakan anomali regional hasil dari medan magnet total bawah permukaan yang lebih dalam dibandingkan dengan anomali lokal. Dapat terlihat bahwa hasil dari metode 2D-VMD maupun dengan metode *Upward Continuation* memiliki klosur yang tidak jauh berbeda, begitu pula dengan intensitas nilai anomali magnet yang terlihat pada skala warna. Metode *Upward Continuation* menggunakan *trial and error* untuk memisahkan anomali lokal dan regional sehingga pengalaman setiap orang sangat berpengaruh pada hasil dari pemisahan anomali dengan menggunakan metode ini. Sedangkan metode *Two Dimension-Variational Mode Decomposition* (2D-VMD) mampu dengan baik memisahkan anomali lokal-regional

dengan cara pemilihan mode sesuai yang dibutuhkan, dan dengan cara pemilihan α (alpha) yang sesuai.

Dari metode *Upward Continuation* menggunakan ketinggian 100 meter pada anomali lokal. Tujuan dilakukannya pemisahan anomali lokal dan regional yaitu untuk mengetahui efek dari medan magnet total terhadap fungsi kedalaman tertentu sehingga dapat diketahui kondisi struktur bawah permukaan dengan lebih jelas. Anomali lokal memberikan informasi medan magnet total yang dekat dengan permukaan. Pada penelitian ini digunakan data magnetik yang bertujuan untuk eksplorasi tambang. Secara umum tambang cadangan mineralnya berada dekat dengan permukaan. Maka dari itu untuk proses selanjutnya digunakan peta anomali lokal untuk dapat menginterpretasi posisi anomali secara kualitatif.

4.1.4 Anomali Magnet Hasil Reduksi ke Kutub

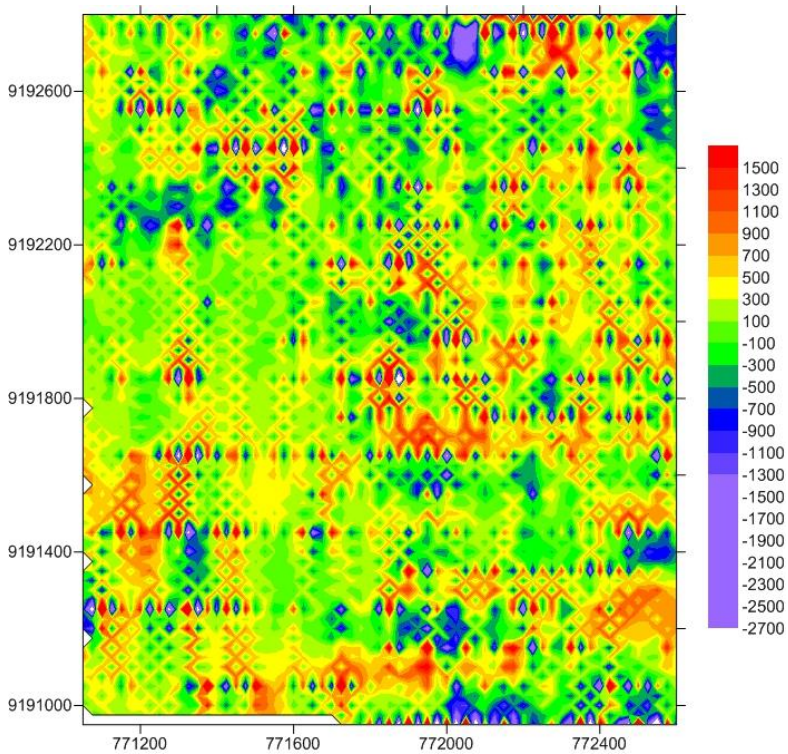
Proses reduksi ke kutub dilakukan untuk menghilangkan efek *dipole* pada anomali magnet total, sehingga anomali magnet menjadi bersifat *monopole* dan dapat merepresentasikan posisi sumber anomali yang sesungguhnya. Gambar 4.10 menunjukkan hasil dari pengolahan data reduksi ke kutub. Berdasarkan peta tersebut menunjukkan bahwa secara umum bagian timur dan selatan daerah penelitian memiliki anomali tinggi yaitu dengan nilai (100 nT hingga 1500 nT). Apabila ditinjau dari peta geologi daerah penelitian, nilai magnetik tinggi di wilayah selatan dapat diinterpretasikan sebagai respon dari batuan breksi andesit yang merupakan bagian dari Formasi Jampang serta Formasi Koleberes. Batuan andesit yang mendominasi pada kedua formasi tersebut dinilai telah memberikan respon nilai anomali magnet yang tinggi dan kuat.

Apabila ditinjau litologi permukaan dari wilayah selatan ini, nilai anomali magnet yang tinggi tampak berasosiasi dengan Formasi Bentang, yang terdiri dari batupasir tufan, serta Batuan Gunung Api Tua yang terdiri atas breksi Tuf. Sedangkan batupasir tufan dari Formasi Bentang serta breksi tuf dari batuan

Gunung Api Tua seharusnya menghasilkan nilai anomali yang cenderung rendah, karena mineral tuff yang mendominasi batuan-batuan tersebut tidak bersifat magnetis. Namun pada daerah selatan penelitian tetap menunjukkan anomali magnet yang tinggi. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan nilai anomali magnet yang tinggi di wilayah selatan lebih dipengaruhi oleh hamparan breksi andesit yang merupakan bagian dari formasi Jampang dan Kolebres. Sedangkan, Formasi Bentang dan Batuan Gunung Api Tua diduga memiliki ketebalan formasi yang kecil pada wilayah selatan sehingga tidak memberikan respon anomali magnet yang secara signifikan.

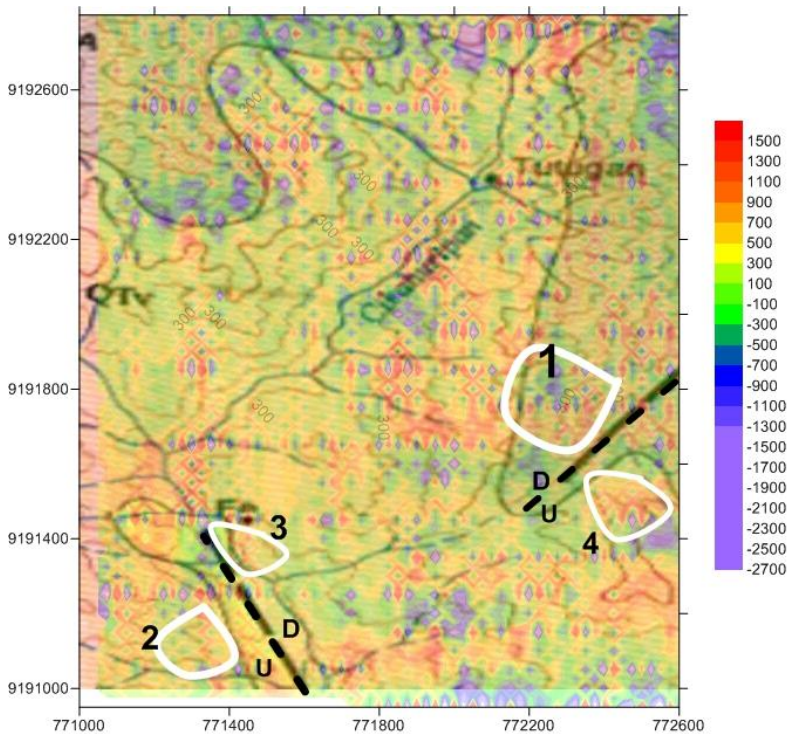
Pada wilayah utara daerah penelitian didominasi nilai magnetik yang sedang hingga rendah (-300 nT hingga -2700 nT). Pada wilayah utara ini juga diketahui terdapat fitur anomali magnet yang menunjukkan ciri-ciri zona mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi berdasarkan pada penelitian Pamungkas(2016). Dari segi pola anomali magnetiknya, zona mineralisasi emas epitermal sulfidasi tinggi dapat dikatakan memiliki pola yang mirip dengan anomali magnetik pada zona porfiri, yaitu anomali tinggi yang dikelilingi oleh anomali rendah (Pamungkas, 2016). Anomali tinggi merupakan respon dari tubuh intrusi yang menjadi faktor terpenting dari terjadinya proses mineralisasi, sedangkan anomali rendah yang mengelilinginya merupakan respon dari zona alterasi atau batuan yang berubah akibat adanya reaksi antara fluida panas dari magma intrusi dengan batuan sekitarnya, sehingga batuan di sekitarnya menjadi rusak sifat kemagnetannya (demagnetisasi).

Pada daerah tersebut dapat diketahui bahwa daerah prospek emas Cijulang terletak pada daerah dengan anomali magnetik tinggi dan rendah di sekelilingnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa anomali magnetik di daerah Cijulang sesuai dengan ciri khas pola anomali magnetik untuk tipe endapan epitermal sulfidasi tinggi.



Gambar 4. 10 Anomali magnet hasil RTP

Selain itu peta anomali magnet hasil reduksi ke kutub di-*overlay* terhadap struktur geologi yang ada pada area penelitian (Gambar 4.11). Proses *overlay* ini dilakukan untuk melihat apakah ada pola-pola kelurusan anomali medan magnet yang memiliki kesejajaran terhadap kemenerusan struktur berdasarkan peta geologi area penelitian. Menurut Hoschke (2011), berdasarkan struktur geologi, pada umumnya patahan memiliki peranan penting dalam berkembangnya sistem epitermal sulfidasi tinggi.



Gambar 4. 11 Hasil *overlay* dengan peta geologi dan zona yang diduga terdapat tubuh intrusi pengontrol mineralisasi

Dalam proses melokalisir zona mineralisasi emas epitermal sulfidasi tinggi hal yang perlu digaris bawahi yaitu keabsahan dari interpretasi ini perlu didukung dengan data metode lain untuk menguatkan dugaan bahwa zona yang dilokalisir merupakan zona epitermal sulfidasi tinggi. Pola anomali magnetik yang mencirikan karakteristik mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi dalam interpretasi ini belum tentu merupakan respon dari target yang dicari, bisa jadi merupakan respon dari sumber anomali yang belum diketahui. Terdapat

beberapa kondisi yang harus dipenuhi oleh suatu tempat agar dapat menjadi zona mineralisasi emas epitermal sulfidasi tinggi, antara lain tubuh intrusi yang menjadi sumber fluida hidrotermal berasal dari magma granitik/felsik/asam, fluida hidrotermal yang berperan juga bersifat asam, air meteorik yang turut berperan jumlahnya tidak banyak sehingga tidak banyak berpengaruh dalam mengubah keasaman fluida hidrotermal, terdapat struktur berupa patahan/rekahan yang berguna untuk menyediakan permeabilitas bagi fluida hidrotermal, batuan induk umumnya berupa batuan vulkanik, dan alterasi yang terjadi mencirikan terdapat zona mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi.

Untuk mengetahui bahwa kondisi-kondisi tersebut terpenuhi sebagai syarat terjadinya mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi, metode magnetik tidak dapat berdiri sendiri, melainkan harus didukung metode lainnya baik metode geofisika, metode geologi ataupun metode geokimia. Metode geofisika lain yang dapat digunakan pada area yang sama adalah metode gravitasi, dimana metode tersebut dapat mengidentifikasi keberadaan tubuh intrusi dan struktur geologi yang mengontrol mineralisasi. Sedangkan metode geologi dan metode geokimia pada area penelitian sangat penting untuk dilakukan sehingga dapat menguatkan interpretasi dari metode geofisika yang ada.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, diketahui bahwa:

1. Pemisahan anomali lokal regional dengan 2D-VMD maupun dengan metode *Upward Continuation* hasilnya mirip atau sama. Dimana hasil 2D-VMD dengan nilai $\alpha = 10^{-7}$ sesuai dengan hasil *Upward Continuation* pada ketinggian 100 m. Sehingga kedua metode tersebut bersifat subjektif yaitu menggunakan sistem *trial and error*.
2. Berdasarkan peta anomali hasil reduksi ke kutub interpretasi secara kualitatif menunjukkan bahwa daerah lokasi yang di duga sebagai zona mineralisasi epitermal sulfidasi tinggi dicirikan dengan pola anomalnya yaitu anomali tinggi yang lokal dikelilingi anomali rendah.

5.2 Saran

Setelah penelitian ini, didapatkan beberapa hal yang disarankan oleh penulis untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Untuk menguatkan interpretasi pada penelitian ini terutama dalam melokalisasi zona mineralisasi emas epitermal sulfidasi tinggi, perlu dilakukan proses lainnya yaitu untuk interpretasi secara kuantitatif, dan juga metode magnetik perlu diintegrasikan dengan metode geofisika lainnya, misalkan metode gravitasi, maupun metode geologi dan metode geokimia.
2. Perlu dilakukan perbandingan metode 2D-VMD dengan metode *Upward Continuation* pada data metode gravitasi sebagai pembandingan dengan data magnetik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

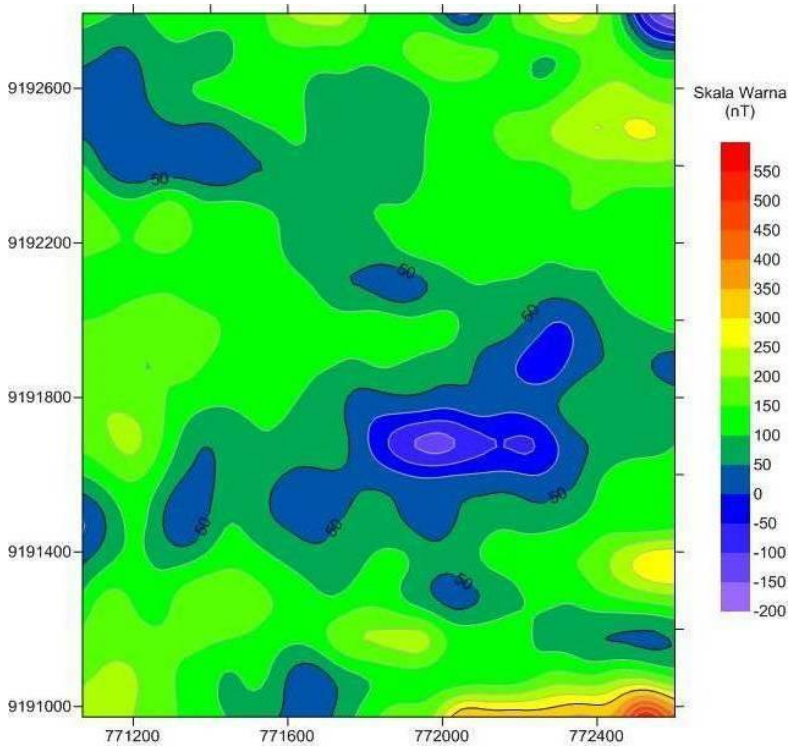
- Alzwar, M., Akbar, N., Bachri, S., 1992. Kondisi Fisiografi dan Geologi Regional Garut, Jawa Barat.
- Blakely, R.J., 2009. Potential theory in gravity and magnetic applications, Transferred to digital print. ed. Univ. Press, Cambridge.
- Dewi Prihatini, 2012. Alterasi Hidrotermal.
- Dragomiretskiy, K., Zosso, D., 2015. Two-dimensional variational mode decomposition, in: International Workshop on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition. Springer, pp. 197–208.
- Gunn, P.J., Dentith, M.C., 1997. Magnetic responses associated with mineral deposits. AGSO J. Aust. Geol. Geophys. 17, 145–158.
- Heryanto, D., 2013. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Emas dengan Menggunakan Metode Magnetik di Daerah Garut Jawa Barat.
- Huang, Norden, E., Zhaohua, W., 2008. A Review on Hilbert-Huang Transform: Method and Its Applications to Geophysical Studies.
- Ilham, W., 2009. Studi Alterasi dan Mineralisasi Emas Berdasarkan Analisis Petrografi Daerah Arinem, Kabupaten Garut, Jawa Barat.
- Jackson and Walker, 2005. Geophysics 325.
- Kim, D., 2006. Introduction to EMD (Empirical Mode Decomposition) with Application to a Scientific Data.
- Koesmono, M., Kusnama, Suwarna, N., 1996. Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwatu, Jawa Skala 1: 100.000.
- Nugraha, T., 2015. Analisis Model Data Anomali Untuk Mengidentifikasi Struktur Geologi Dasar Laut Perairan Flores. Univ. Pendidik. Indones.

- Pamungkas, T., 2016. Analisis Perbandingan Fitur-Fitur Magnetik Pada Lingkungan Pengendapan Mineral Emas Epithermal Tipe Sulfidasi Rendah, Sulfidasi Tinggi dan Porfiri, Studi Kasus : Pongkor, Paningkaban dan "Tirtayasa." Univ. Gadjah Mada.
- Pirajno, F., Smithies, R.H., 1992. The $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ ratio of tourmaline: A useful indicator of spatial variations in granite-related hydrothermal mineral deposits. *J. Geochem. Explor.* 42, 371–381. doi:10.1016/0375-6742(92)90033-5
- Purwanto, H., Verdiansyah, O., 2013. Karakteristik Endapan Emas Epitermal Sulfidasi Tinggi. Juli 2013 6.
- Rachmi, A., 2017. Identifikasi Sebaran Zona Mineralisasi Emas Epitermal Sulfidasi Tinggi Menggunakan Metode Magnetik di Lapangan "Q", Kabupaten Garut, Jawa Barat. Univ. Gadjah Mada.
- Telford, W.M., L. P. Geldart, R. E. Sherif, 1990. Magnetic Methods, in: *Applied Geophysics*. University of Cambridge.
- Wang, Y., Liu, F., Jiang, Z., He, S., Mo, Q., 2017. Complex variational mode decomposition for signal processing applications. *Mech. Syst. Signal Process.* 86, 75–85. doi:10.1016/j.ymssp.2016.09.032
- White, N., 1991. High Sulfidation Epithermal Gold Deposits: Characteristic and a model for their origin.
- White and Hedenquist, 1995. Epithermal Gold Deposits : Styles, Characteristics and Exploration. *SEG Newsl.*, 23.

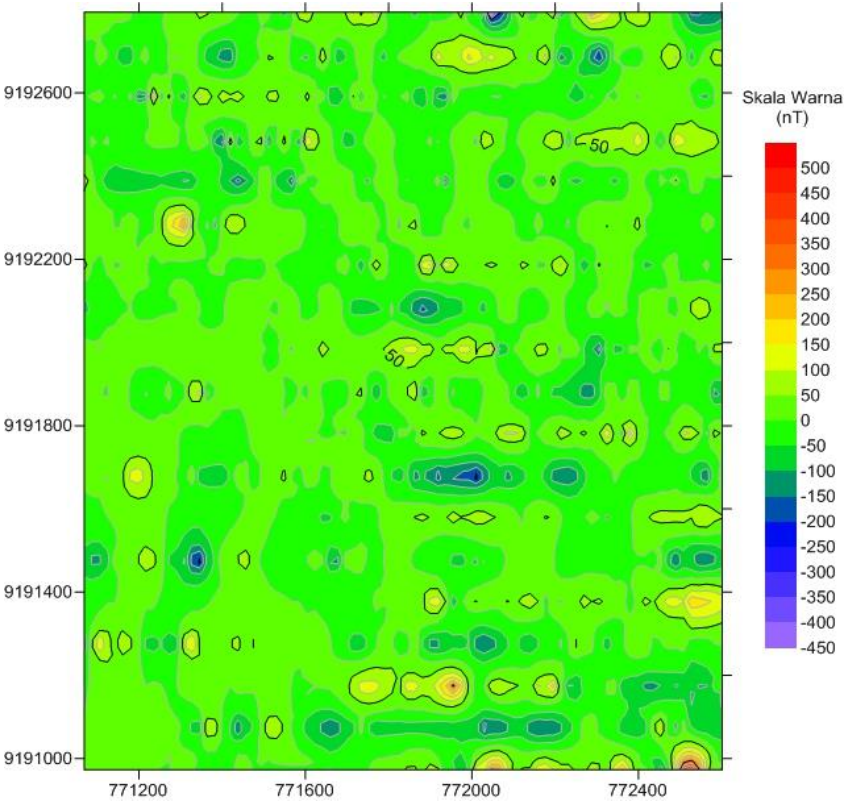
LAMPIRAN

1) Hasil Pemisahan anomali lokal-regional dengan metode kontinuitas keatas pada ketinggian 50 m

a. Anomali regional

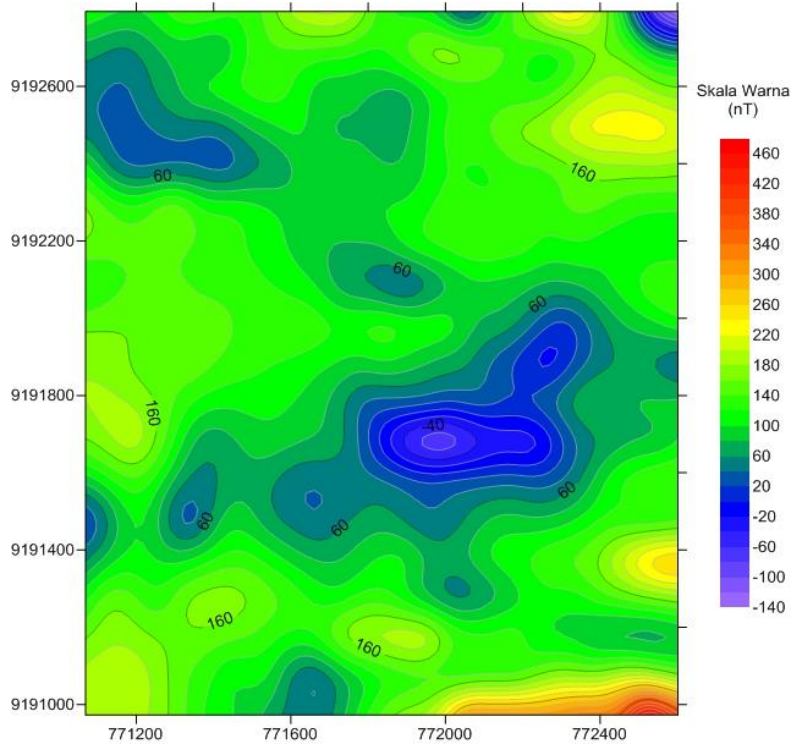


b. Anomali lokal

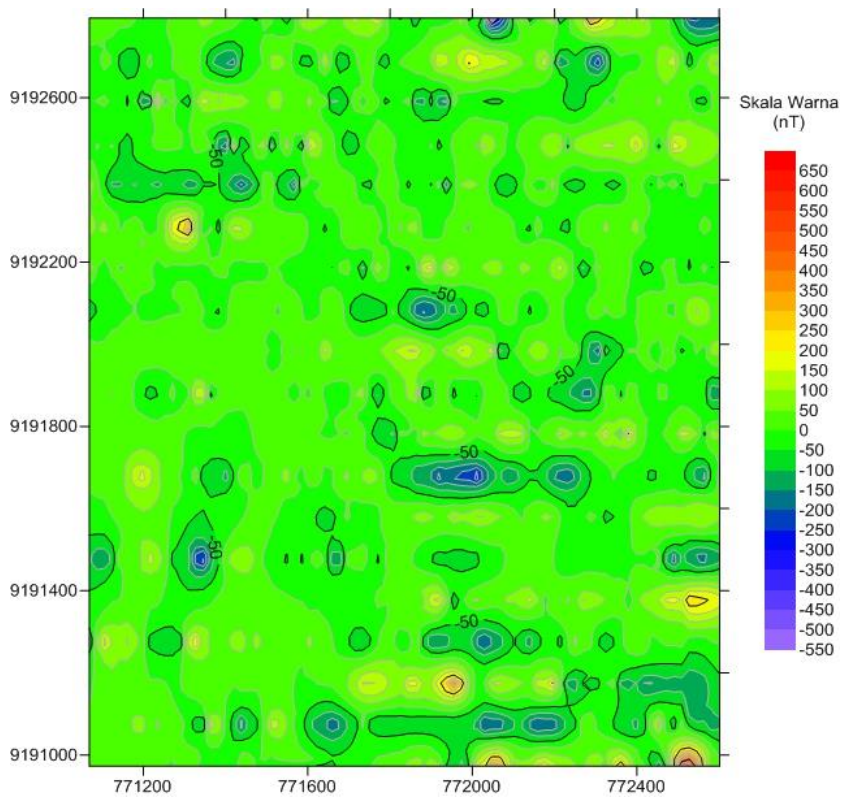


2) Hasil Pemisahan anomali lokal-regional dengan metode kontinuitas keatas pada ketinggian 70 m.

a. Anomali Regional

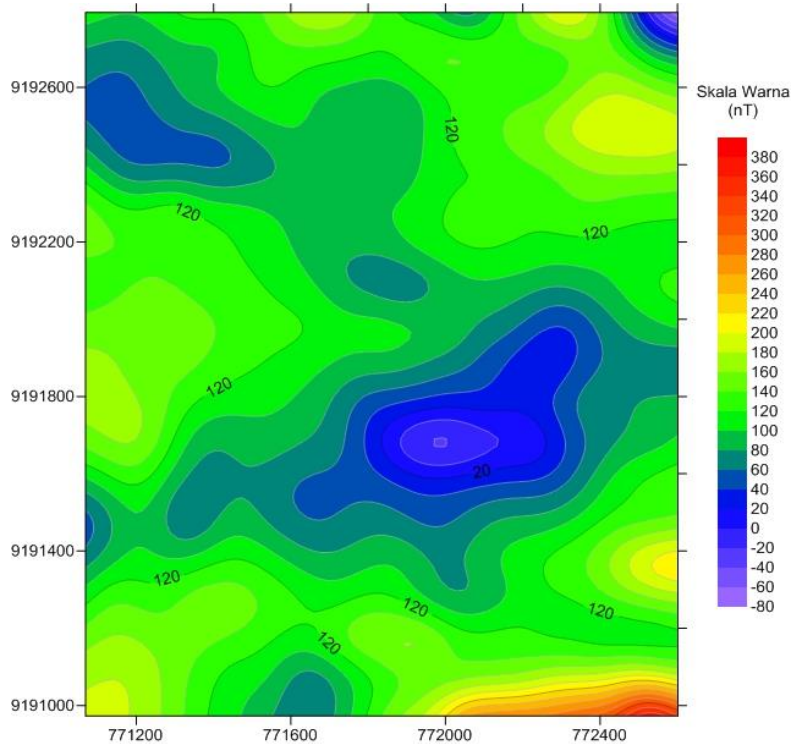


b. Anomali Lokal

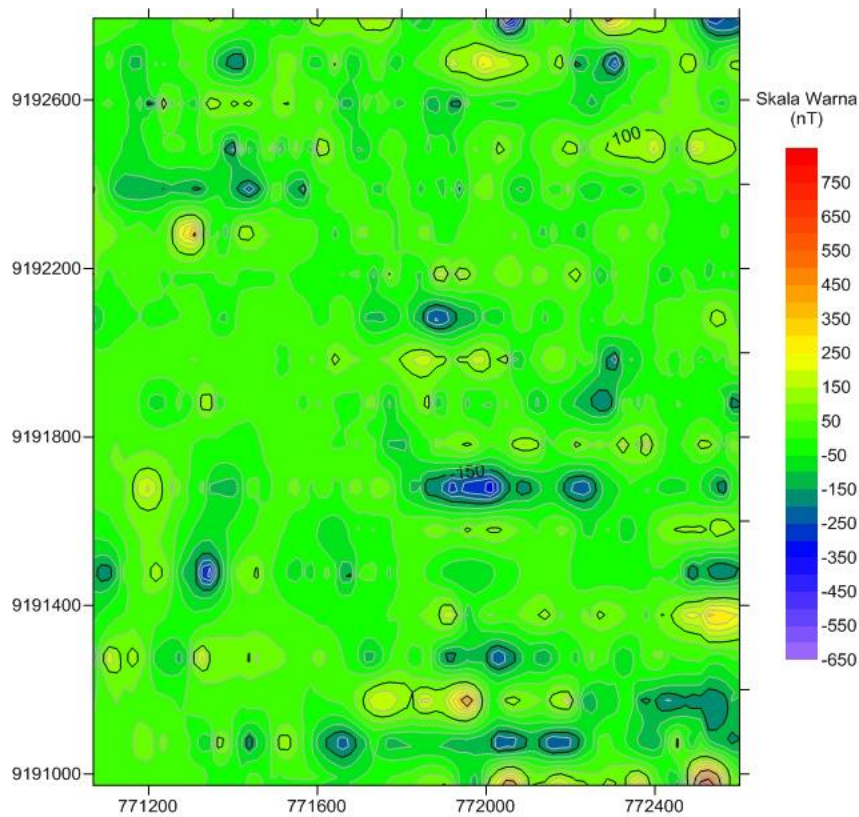


3) Hasil Pemisahan anomali lokal-regional dengan metode kontinuitas keatas pada ketinggian 80 m.

a. Anomali Regional



b. Anomali Lokal



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurul Azizah, dilahirkan di Pasuruan, 19 Februari 1995. Penulis merupakan anak pertama. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Sumbergedang 1 Pandaan (2001-2007), SMPN 2 Pandaan (2007-2010), dan SMAN 1 Pandaan (2010-2013). Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 1113100017. Selama

kuliah, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan, yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika ITS (Himasika ITS) sebagai staff departemen kominfo (2014-2015), sekretaris departemen media dan informasi (2015-2016), SM IAGI ITS sebagai sekretaris umum (2015-2016), dan AAPG SC ITS sebagai bendahara umum (2016-2017). Penulis juga aktif dalam LKMM PraTD (2013). Selama kuliah penulis juga aktif sebagai asisten praktikum fisika dasar 1 dan fisika dasar 2 selama 4 semester, dan sebagai asisten praktikum fisika laboratorium geofisika. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik di PT. ANTAM (Persero) Unit Geomin, Jakarta Selatan. Di Jurusan Fisika ITS, Penulis mengambil bidang minat Fisika Bumi dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 dibawah bimbingan Dr. Sungkono., M.Si. Segala kritik dan saran bagi penulis dapat dikirimkan melalui e-mail nurulazizah82@gmail.com.

